



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Ingeniería Industrial – Especialidad Organización Industrial

PROYECTO FIN DE CARRERA

**ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN
PARQUE EÓLICO**

Autor: Eugenia Galindo Bustelo

MADRID, Octubre 2014

ESTE PROYECTO CONTIENE LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS

DOCUMENTO N°1, MEMORIA

1.1 Memoria

1.2 Cálculos

1.3 Estudio Económico

1.4 Anexos

DOCUMENTO N°2, PLANOS

2.1 Lista de planos

2.2 Planos

DOCUMENTO N°3, PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 Generales y Económicas

3.2 Técnicas y Particulares

DOCUMENTO N°4, PRESUPUESTO

4.1 Aerogeneradores

4.2 Obra Civil

4.3 Obra Electrica

4.4 Presupuesto General

DOCUMENTO N°1, MEMORIA

DOCUMENTO N° 1

MEMORIA

ÍNDICE GENERAL

- 1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA
- 1.2 CALCULOS JUSTIFICATIVOS
- 1.3 ESTUDIO ECONOMICO
- 1.4 ANEXOS

1.1. Memoria descriptiva

Índice General

- 1.1.1. Descripción general del proyecto
- 1.1.2. Aprovechamiento del recurso eólico
- 1.1.3. Principios de la energía eólica
- 1.1.4. Emplazamiento del parque
- 1.1.5. Estudio del recurso eólico
- 1.1.6. Selección de aerogeneradores
- 1.1.7. Emplazamiento de los aerogeneradores
- 1.1.8. Cálculo de la producción de energía del parque
- 1.1.9. Aerogeneradores
- 1.1.10. Viales y plataformas
- 1.1.11. Cimentaciones1.1.12. Red de 20 Kv
- 1.1.13. Red de comunicaciones y puesta a tierra
- 1.1.14. Centros de transformación
- 1.1.15. Edificio de control

1.1.1. Descripción general del proyecto

El presente proyecto tiene por objeto dotar una finca, situada en Carcelén, de un Parque Eólico. Para ello tendremos que elegir el emplazamiento, ver la cantidad de aerogeneradores que caben en nuestra finca, hacer un estudio detallado de los vientos, la obra civil, la obra eléctrica y un estudio económico. Por medio del estudio económico podremos comprobar la viabilidad del proyecto.

En primer lugar, se estudia el viento en el emplazamiento elegido durante un tiempo que suele ser superior a un año. Para ello se instalan veletas y anemómetros. Con los datos recogidos se traza una rosa de los vientos que indica las direcciones predominantes del viento y su velocidad.

Un parque eólico es una agrupación de aerogeneradores que se utilizan generalmente para la producción de energía eléctrica.

Los parques eólicos se pueden montar en tierra o en el mar, siendo los parques eólicos de tierra más habituales aunque los parques en el mar han experimentado un crecimiento importante en Europa en los últimos años.



Estos proporcionan diferente cantidad de energía dependiendo de las diferencias sobre el diseño, situación de las turbinas y la potencia de los aerogeneradores.

La energía eólica es un tipo de energía renovable ya que tiene su origen en procesos atmosféricos debidos a la energía que llega a la Tierra procedente del sol y es una energía limpia ya que no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes.

La maquinaria empleada en nuestro parque eólico será suministrada por la empresa Gamesa. Gamesa es uno de los principales fabricantes internacionales de aerogeneradores del mundo y líder en España en el sector de la fabricación, venta e instalación de turbinas eólicas. Su objetivo es ser líder en la creación y distribución de valor que beneficie a nuestros grupos de interesa a través del diseño, fabricación, distribución e instalación de soluciones energéticas sostenibles.

1.1.2. Aprovechamiento del recurso eólico

Molinos de viento

La fuente de energía eólica es el viento, o mejor dicho, la energía mecánica que, en forma de energía cinética transporta el aire en movimiento.

La Tierra recibe una gran cantidad de energía procedente del sol. El 2% de ella se transforma en energía eólica. El molino de viento utiliza la energía eólica a través de las grandes aspas o paletas acopladas a un eje.

Así como los molinos de agua tienen paletas para desarrollar fuerza, los molinos de viento utilizan aspas con un esqueleto de madera recubierto por lona.



Molino

Estudio de viabilidad de un parque eólico

El modelo clásico consta de cuatro aspas; la fuerza que el viento ejerce sobre las aspas se transforma en una fuerza más potente en el eje central. Una serie de engranajes cónicos y dentados transmite esta fuerza.

La energía del molino de viento depende de la velocidad del viento que choca contra las aspas, y de la superficie que estas ofrecen al viento.

Los persas, a partir del siglo VII., ya poseían molinos para riego y molienda. Estos molinos se difundieron por los países árabes y llegaron a Europa por las cruzadas. Entre los siglos XI y XIII se difundieron por Europa. Eran unas estructuras de madera, conocidas como torres de molino, que se hacían girar a mano alrededor de un poste central para elevar sus aspas al viento.

El molino de torre se desarrolló en Francia a lo largo del siglo XIV. Consistía en una torre de piedra coronada por una estructura rotativa de madera que soportaba el eje del molino y la maquinaria superior del mismo. De la parte superior del molino sobresalía un eje horizontal. De este eje partían de cuatro a ocho aspas. La energía generada por el giro del eje se transmitía, a través de un sistema de engranajes, a la maquinaria del molino en la base de la estructura.

Aerogeneradores

Los antiguos molinos fueron reemplazados con el avance de la técnica por máquinas accionadas por medio de combustible o electricidad. Sin embargo, los molinos siguen utilizándose como sustituto del combustible tradicional en dos aplicaciones: generación de electricidad y bombeo de agua.

Los modernos molinos de viento son accionados por medio de dos procedimientos: el arrastre, en el que el viento empuja las aspas, y la elevación. Los molinos que funcionan por elevación giran a más velocidad y son más eficaces. Los elementos básicos que componen el molino son: el rotor, los mecanismos de control y orientación y la estructura de soporte.

La energía del viento es utilizada mediante el uso de máquinas eólicas, capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operatrices (molinos), como para la producción de energía eléctrica. En este último caso, el sistema de conversión es conocido como aerogenerador.

La baja densidad energética de la energía eólica por unidad de superficie tiene como consecuencia la necesidad de proceder a la instalación de un mayor número de

máquinas para el aprovechamiento de los recursos disponibles. Un ejemplo de instalación eólica son los parques eólicos.

En estos la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador. Normalmente un alternador trifásico, que produce energía eléctrica.

Actualmente sofisticados molinos de viento se usan para generar electricidad, por lo general suelen estar situados en zonas costeras, montañosas o islas ya que la intensidad del viento en estos lugares se acentúa.

Parques eólicos

Los parques eólicos son agrupaciones de aerogeneradores que se utilizan generalmente para la producción de energía eléctrica. Estos son relativamente recientes, iniciaron a popularizarse en las décadas de los 80-90.

Los parques eólicos pueden situarse en la tierra o en el mar (offshore). Las instalaciones más comunes son las que se realizan en tierra, mientras que las segundas se encuentran en fase de explotación.



Parque offshore

El número de aerogeneradores que compone un parque eólico es muy variable, y depende fundamentalmente de la superficie disponible y de las características del viento en el emplazamiento. Antes de montar un parque eólico se estudia la fuerza eólica en el emplazamiento elegido durante un periodo de tiempo que suele ser superior a un año. Para ellos se instalan veletas y anemómetro. Con los datos obtenidos trazamos la rosa de los vientos, la cual dibujamos para obtener la información sobre las distribuciones de velocidades del viento y las frecuencias de variación de las direcciones del viento. La rosa de los vientos varía de un lugar a otro.

La energía que produce un parque eólico está sujeta a una serie de variables entre las que encontramos los cambios tecnológicos de los molinos hasta la potencia de los mismos aerogeneradores, donde hoy por hoy hay aerogeneradores de hasta 10MW.

1.1.3. Principios de la energía eólica

Energía eólica es la energía obtenida del viento, o sea, la energía cinética generada por las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

Sus primeras aplicaciones fueron las velas de los barcos, de las que se tiene noticia en el año 5.000 a.C. en Egipto y Mesopotamia. Los molinos de viento son otra aplicación clásica, datan de unos 2.000 años y se empleaban para producir sonidos; posteriormente se usan para moler grano, los primeros que se fabricaron tienen el eje vertical. Otro dispositivo que funciona gracias a la energía eólica son las aerobombas para elevar la presión del agua usando la energía del viento.

Los vientos son generados a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte de la radiación solar, entre el 1 y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. De día, las masas de aire sobre los océanos, los mares y los lagos se mantienen frías con relación a las masas de aire vecinas situadas sobre las masas continentales. Los continentes absorben una menor cantidad de luz solar, por lo tanto el aire que se encuentra sobre la tierra se expande, y se hace por lo tanto más liviana y se eleva. El aire más frío y pesado que proviene de los mares, océanos y grandes lagos se pone en movimiento para ocupar el lugar dejado por el aire caliente.

Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones diurnas, nocturnas y estacionales de los vientos, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, la entidad de las ráfagas en espacios de tiempo breves, y valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años. Es también importante conocer la velocidad máxima del viento. Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima de 12 km/h, y que no supere los 65 km/h.³

En la actualidad se utiliza, sobre todo, para mover aerogeneradores. En estos la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos.

A diferencia del resto de aplicaciones citadas el uso del viento para producir electricidad es más reciente, las primeras experiencias datan del siglo XIX; Charles F. Brush construyó en Estados Unidos durante 1.880 una turbina eólica de 12kW para producir electricidad en corriente continua; esta energía se almacenaba en 12 baterías.

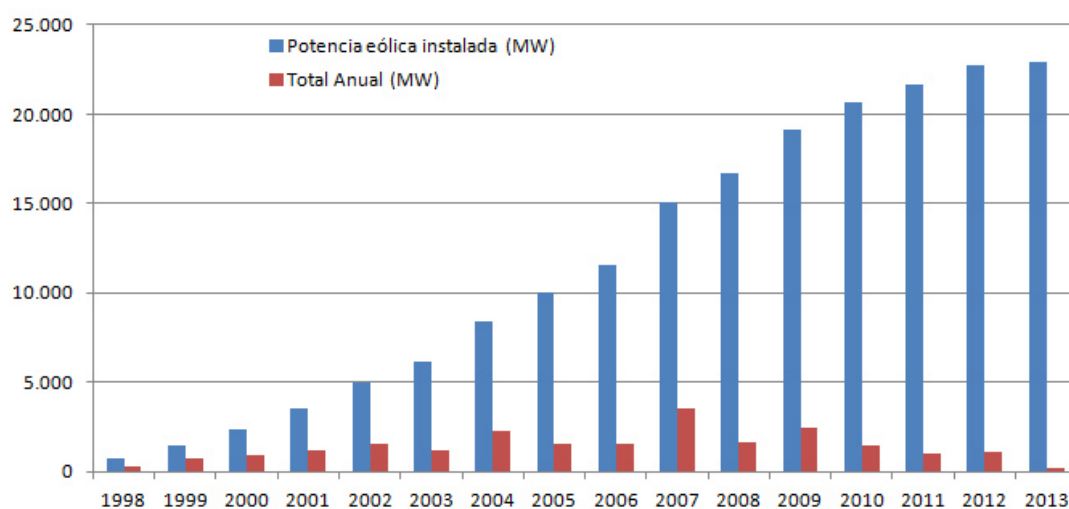
En Europa el precursor de la eólica fue el danés Paul La Cour que a partir de turbinas eólicas provocaba electrolisis para circuitos eléctricos a principios del siglo XX;

durante las primeras décadas de este siglo Dinamarca conservó la tradición eólica. En la mitad del siglo XX un holandés, Johannes Jull introduce dos variaciones importantes, modifica los generadores para producir electricidad en corriente alterna y además diseña un aerogenerador que cambiaba la orientación en función de la dirección del viento para aprovechar con más intensidad la energía de éste.

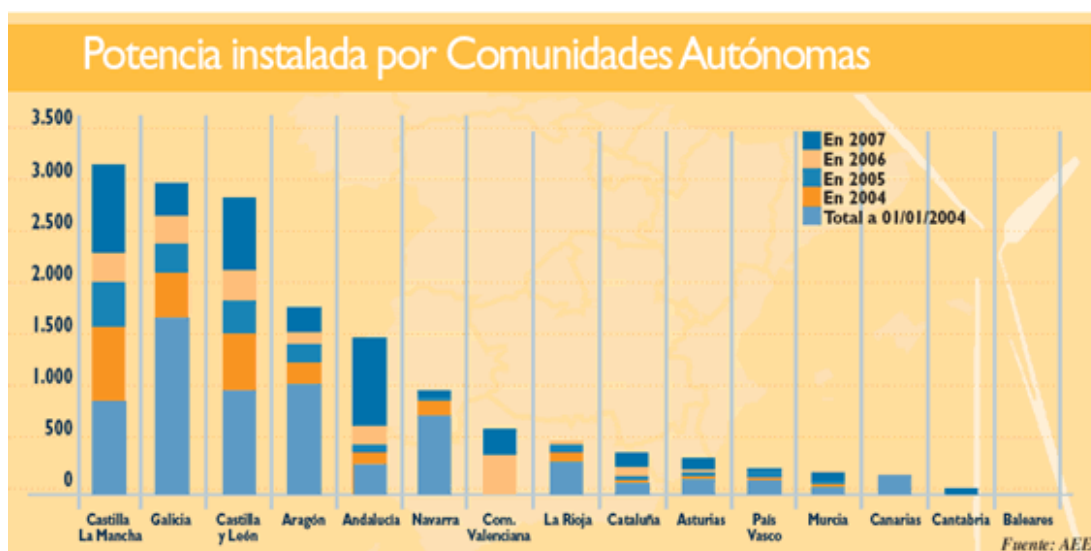
Para el desarrollo de las renovables fueron muy importantes las Crisis del Petróleo de 1973 y 1979, los países productores elevaron los precios del barril desde 1,5 a 9 dólares en 1973 y desde 13 a 30 dólares en 1979 causando una profunda crisis económica en los países desarrollados, aumento de la inflación y del paro y España por la dependencia energética del exterior no se libró de ello. Esto nos obligó a implantar políticas energéticas encaminadas a disminuir el consumo de petróleo mediante el ahorro energético, la eficiencia energética y potenciar otras fuentes como la nuclear, el gas natural o las energías renovables. La principal ventaja en este contexto es que éstas son una fuente nacional que evita la dependencia del exterior y en el caso de nuevas subidas de los precios del petróleo la diversificación energética es un arma que puede disminuir los efectos en las economías nacionales.

Otra razón que influyó mucho en el progreso de la energía eólica fue el desarrollo de las preocupaciones ambientales a partir de la década de los ochenta; las energías renovables no tienen fecha de caducidad, a diferencia del carbón, gas natural o petróleo el consumo no emite gases de efecto invernadero, son fuentes seguras y no produce residuos peligrosos como la nuclear.

El primer aerogenerador moderno que funcionó en España fue un prototipo instalado en Tarifa en 1981 de 100 kW; seis años después entran en funcionamiento los primeros aerogeneradores conectados a la red en Ampurdán (Gerona) y en Granadilla (Tenerife).



Evolución potencia eólica en España



Potencia eólica instalada por Comunidad Autónoma

Estudio de viabilidad de un parque eólico

En el desarrollo de la eólica influirá decisivamente la eólica marina. En este momento las ubicaciones con más viento en España están ya ocupadas o autorizados otros nuevos mientras que el mar es una alternativa que puede dar muchas opciones en los próximos años ya que el potencial eólico marino en la Península Ibérica es de unos 25.000 MW (Informe de Emilio Menéndez para Greenpeace). Su principal ventaja es que en el mar la velocidad del viento es mayor por existir apantallamiento por la tierra; el precio de una instalación eólica en el mar y del mantenimiento son superiores que en tierra pero los parques offshore tienen una vida útil más larga y la producción de electricidad es un 20% mayor que en tierra, así la rentabilidad en el mar es superior que en tierra. En España no hay ningún parque eólico marino en funcionamiento pero si hay varios funcionando en otros países del Norte de Europa como Dinamarca, Suecia o Gran Bretaña.

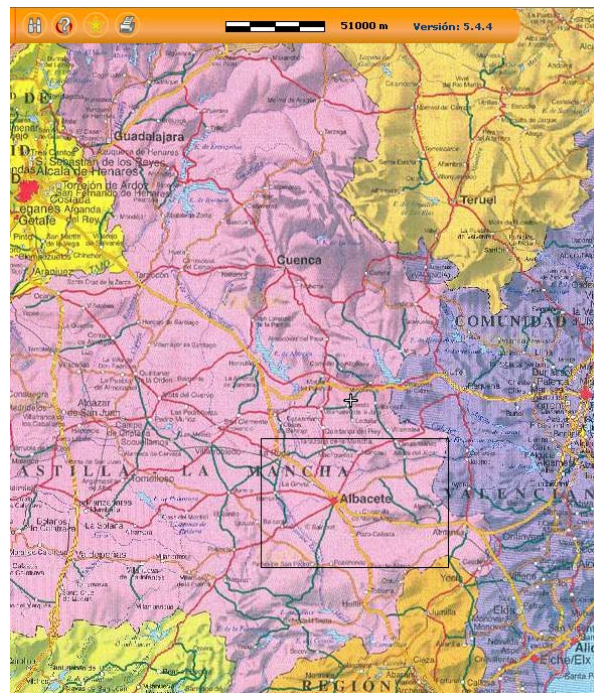
1.1.4. Emplazamiento del parque

Normalmente, el sólo hecho de observar la naturaleza resulta de excelente ayuda a la hora de encontrar un emplazamiento apropiado para el aerogenerador. Los árboles y matorrales de la zona serán una buena pista para saber cuál es la dirección del viento dominante. Si nos movemos a lo largo de un litoral accidentado, observaremos que siglos de erosión han trabajado en una dirección en particular.

Los datos meteorológicos, obtenidos en forma de rosa de los vientos durante un plazo de 30 años, sean probablemente su mejor guía, aunque rara vez estos datos son recogidos directamente en su emplazamiento, por lo que hay que ser muy prudente al utilizarlos.

Si ya existen aerogeneradores en esa área, sus resultados de producción son una excelente guía de las condiciones de viento locales. En países como Dinamarca y Alemania, en los que a menudo se encuentra un gran número de aerogeneradores dispersos por el campo, los fabricantes pueden ofrecer resultados de producción garantizados basándose en cálculos eólicos realizados en el emplazamiento.

El emplazamiento elegido para nuestro parque eólico, debido a poseer unos recursos eólicos importantes, se encuentra en Albacete, en el término municipal de Carcelén. Localizado cerca de un pueblo llamado Casas de Don Pedro.



Localización de la finca

La finca es la que viene delimitada por los trazos rojos.



Límites de la finca

1.1.5. Estudio del recurso eólico

Todas las fuentes de energía renovable, e incluso la energía de los combustibles fósiles, provienen del sol. El sol irradia 174.423.000.000.000 kWh de energía por hora hacia la Tierra. En otras palabras, la Tierra recibe $1,74 \times 10^{17}$ W de potencia.

Alrededor de un 1 a un 2% de la energía proveniente del sol es convertida en energía eólica. Esto supone una energía de alrededor de 50 a 100 veces superior a la convertido en biomasa por todas las plantas de la tierra.

Las regiones alrededor del ecuador, a 0° de latitud, son calentadas por el sol más que las zonas del resto del globo. El aire caliente es más ligero que el aire frío por lo que subirá hasta alcanzar un altura aproximada de 10 km. Y se extenderá hacia el norte y

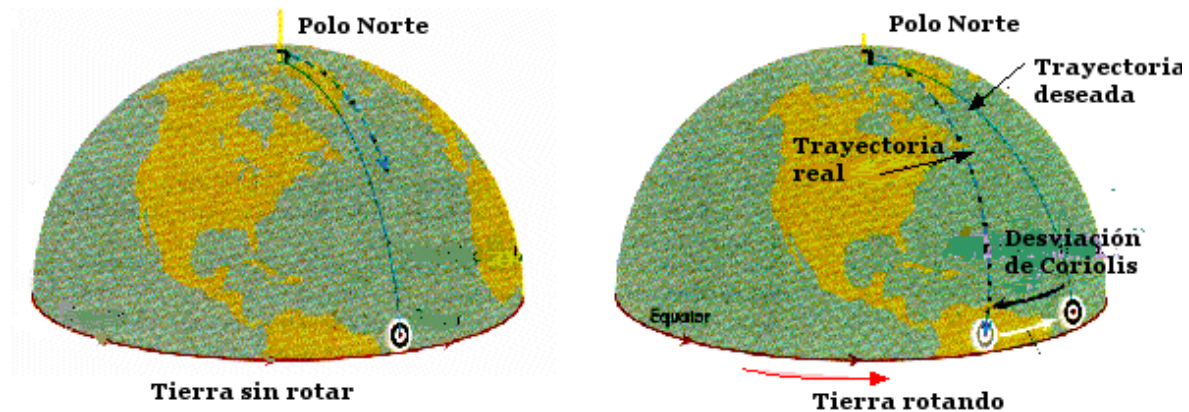
hacia el sur. Si el globo no rotase el aire simplemente llegaría al polo norte y al polo sur, para posteriormente descender y volver al ecuador.

Efecto de Coriolis

El efecto Coriolis, es la aceleración relativa que sufre un objeto que se mueve dentro de un sistema de referencia no inercial en rotación cuando varía su distancia respecto al eje de giro.

El efecto Coriolis hace que el objeto que se mueve sobre el radio de un disco en rotación tienda a acelerarse o a frenarse con respecto a ese disco según si el movimiento es hacia el eje de giro o alejándose de éste, respectivamente. Por el mismo principio, en el caso de una esfera en rotación, los movimientos de un objeto sobre los meridianos resultan afectados por esta fuerza ficticia, ya que dichos movimientos reducen o hacen crecer la distancia respecto al eje de giro.

Este efecto es el ocasionado sobre los objetos que se mueven sobre la superficie de la Tierra debido a la rotación de la misma. En el Hemisferio Norte este efecto curva su dirección de movimiento hacia la derecha.



Efecto de la rotación de la Tierra

El ejemplo más nombrado de manifestación del efecto Coriolis se da cuando masas de aire o de agua se desplazan siguiendo meridianos terrestres, y su trayectoria y velocidad se ven modificadas por él. En efecto, los vientos o corrientes oceánicas que se desplazan siguiendo un meridiano se desvían acelerando en la dirección de giro (este) si van hacia los polos o al contrario (oeste) si van hacia el ecuador (en el hemisferio norte). La manifestación de estas desviaciones produce que las borrascas giren en el hemisferio sur en el sentido de las agujas del reloj y, en el hemisferio norte, en sentido contrario.

El efecto de la fuerza de Coriolis deberá considerarse siempre que se estudie el movimiento de fluidos y también el de cualquier objeto móvil sobre esferas o superficies planas en rotación. Esto incluye a los planetas gaseosos del sistema solar, el Sol y todas las estrellas y, en el planeta Tierra, el movimiento de las aguas de los ríos, los lagos, los océanos y, por supuesto, de la atmósfera. El efecto de Coriolis predice que siempre que se observen los movimientos giratorios de esos cuerpos, los vórtices seguirán la norma descrita para las borrascas y anticiclones terrestres.

Además de su influencia sobre la atmósfera, es muy notoria la que tiene también sobre la circulación oceánica. En las cuencas que tienen la forma apropiada (como, por ejemplo, la cuenca del Atlántico norte y la del Atlántico sur), el efecto Coriolis desvía a las corrientes marinas hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur, de la misma manera que sucede con la circulación general de los vientos.

Las excepciones o modificaciones de este patrón general de la circulación general de los océanos tienen que ver con la disposición de las costas y la compensación introducida por las corrientes cálidas que van, en los océanos, de las costas orientales de la zona intertropical hacia las occidentales de las zonas templadas de los continentes (Corriente del Golfo y de Kuro Shivo, especialmente).

Además, en los océanos, lo mismo que sucede en la atmósfera, se produce una especie de convergencia en las latitudes ecuatoriales por la fuerza centrífuga del movimiento de rotación: tanto el océano como la atmósfera tienen un abombamiento ecuatorial por la rotación terrestre, de varios metros de altura en el caso de los océanos y de varios kilómetros en la atmósfera. A su vez, este "abombamiento" ocasiona una especie de obstáculo a la libre circulación y al libre intercambio de energía (oceánica y atmosférica) entre los dos hemisferios. La circulación en la zona ecuatorial es, por lo tanto, de este a oeste, tanto en lo que respecta a las corrientes ecuatoriales del norte y del sur como con respecto a los alisios del noreste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur.

Por último, lo que hemos denominado abombamiento ecuatorial de los océanos tiene varias consecuencias: entre ellas, la formación de lo que se ha denominado contracorrientes ecuatoriales también del norte y del sur y la desviación hacia las zonas subtropicales y templadas: de nuevo, hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur.

Como afecta la fuerza de Coriolis a los vientos globales

El viento sube desde el ecuador y se desplaza hacia el norte y hacia el sur en las capas más altas de la atmósfera. Alrededor de los 30° de latitud en ambos hemisferios la fuerza de Coriolis evita que el viento se desplace más allá. En esa latitud se encuentra un área de altas presiones, por lo que el aire empieza a descender de nuevo.

Cuando el viento suba desde el ecuador habrá un área de bajas presiones cerca del nivel del suelo atrayendo los vientos del norte y del sur. En los polos, habrá altas presiones debido al aire frío. Teniendo en mente la fuerza de curvatura de la fuerza de Coriolis, obtenemos los siguientes resultados generales de las direcciones del viento dominantes:

| Latitud | 90-60°N | 60-30°N | 30-0°N | 0-30°S | 30-60°S | 60-90°S |
|-----------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|
| Dirección | NE | SO | NE | SE | NO | SE |

Dirección de vientos dominantes

La atmósfera tiene un espesor de 10 km, lo que representa 1/1200 del diámetro del globo. Esta parte de la atmósfera, conocida con el nombre de troposfera, es donde ocurren todos los fenómenos meteorológicos (y también el efecto invernadero). Las

direcciones dominantes del viento son importantes para el emplazamiento de un aerogenerador, ya que obviamente queremos situarlo en un lugar en el que haya el mínimo número de obstáculos posibles para las direcciones dominantes del viento.

Vientos locales: brisas marinas

Aunque los vientos globales son importantes en la determinación de los vientos dominantes de un área determinada, las condiciones climáticas locales pueden influir en las direcciones de viento más comunes.

Los vientos locales siempre se superponen en los sistemas eólicos a gran escala, esto es, la dirección del viento es influenciada por la suma de los efectos global y local.

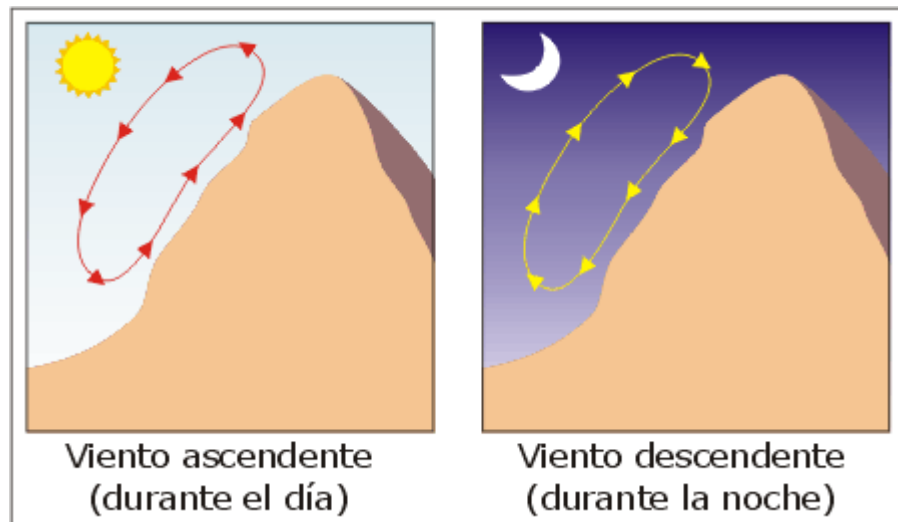
Durante el día la tierra se calienta más rápidamente que el mar por efecto del sol. El aire sube, circula hacia el mar, y crea una depresión a nivel del suelo que atrae el aire frío del mar. Esto es lo que se llama brisa marina. A menudo hay un periodo de calma al anochecer, cuando las temperaturas del suelo y del mar se igualan.

Durante la noche los vientos soplan en sentido contrario. Normalmente durante la noche la brisa terrestre tiene velocidades inferiores, debido a que la diferencia de temperaturas entre la tierra y el mar es más pequeña.

El conocido monzón del sureste asiático es en realidad una forma a gran escala de la brisa marina y la brisa terrestre, variando su dirección según la estación, debido a que la tierra se calienta o enfría más rápidamente que el mar.

Vientos locales: vientos de montaña

Un ejemplo es el viento del valle que se origina en las laderas que dan al sur (ó en las que dan al norte en el hemisferio sur). Cuando las laderas y el aire próximo a ellas están calientes la densidad del aire disminuye, y el aire asciende hasta la cima siguiendo la superficie de la ladera. Durante la noche la dirección del viento se invierte, convirtiéndose en un viento que fluye ladera abajo. Si el fondo del valle está inclinado, el aire puede ascender y descender por el valle; este efecto es conocido como viento de cañón.



Viento del valle

La energía en el viento: densidad del aire y área de barrido del rotor

Un aerogenerador obtiene su potencia de entrada convirtiendo la fuerza del viento en un par (fuerza de giro) actuando sobre las palas del rotor. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento.

La energía cinética de un cuerpo en movimiento es proporcional a su masa (o peso). Así, la energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa

por unidad de volumen. En otras palabras, cuanto "más pesado" sea el aire más energía recibirá la turbina.

A presión atmosférica normal y a 15° C el aire pesa unos 1,225 kilogramos por metro cúbico, aunque la densidad disminuye ligeramente con el aumento de la humedad. El aire es más denso cuando hace frío que cuando hace calor. A grandes altitudes (en las montañas) la presión del aire es más baja y el aire es menos denso.

Un aerogenerador típico de 1.000 kW tiene un diámetro del rotor de 54 metros, lo que supone un área del rotor de unos 2.300 metros cuadrados. El área del rotor determina cuanta energía del viento es capaz de capturar una turbina eólica. Dado que el área del rotor aumenta con el cuadrado del diámetro del rotor, una turbina que sea dos veces más grande recibirá $2^2 = 2 \times 2 =$ cuatro veces más energía.

Distribución de aerogeneradores

Un aerogenerador desviará el viento antes incluso de que el viento llegue al plano del rotor. Esto significa que nunca seremos capaces de capturar toda la energía que hay en el viento utilizando un aerogenerador.

El rotor de la turbina eólica debe obviamente frenar el viento cuando captura su energía cinética y la convierte en energía rotacional. Esto implica que el viento se moverá más lentamente en una parte que en otra.

Dado que la cantidad de aire que pasa a través del área barrida por el rotor desde la derecha (por segundo) debe ser igual a la que abandona el área del rotor por la izquierda, el aire ocupará una mayor sección transversal (diámetro) detrás del plano del rotor. El viento no será frenado hasta su velocidad final inmediatamente detrás del plano del rotor. La ralentización se producirá gradualmente en la parte posterior del rotor hasta que la velocidad llegue a ser prácticamente constante.

La potencia del viento: cubo de la velocidad del viento

La velocidad del viento es muy importante para la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad: la cantidad de energía que posee el viento varía con el cubo (la tercera potencia) de la velocidad media del viento; p.ej., si la velocidad del viento se duplica la cantidad de energía que contenga será $2^3 = 2 \times 2 \times 2 =$ ocho veces mayor.

Ahora bien, ¿por qué la energía que contiene el viento varía con la tercera potencia de su velocidad? Al doblar la velocidad de un coche la energía de frenado para pararlo completamente será cuatro veces mayor.

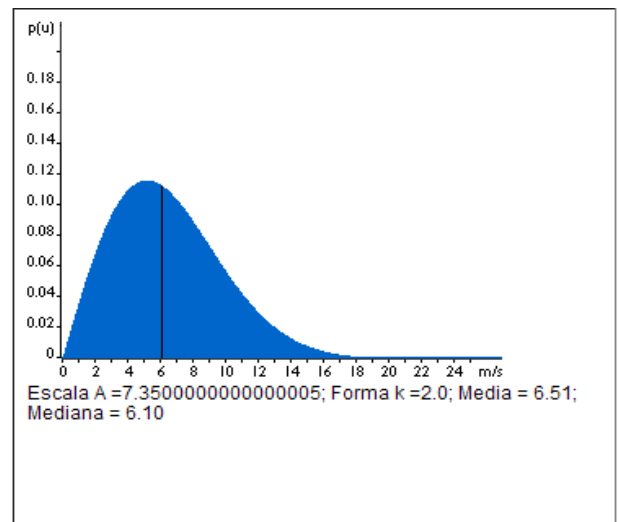
En el caso de turbinas eólicas usamos la energía de frenado del viento, por lo que si doblamos la velocidad del viento tendremos dos veces más porciones cilíndricas de viento moviéndose a través del rotor cada segundo, y cada una de esas porciones contiene cuatro veces más energía, como se ha visto en el ejemplo del frenado de un coche.

Variaciones de la velocidad del viento

Es muy importante ser capaces de describir las variaciones de velocidades del viento. Los proyectistas de turbinas necesitan la información para optimizar el diseño de sus aerogeneradores, así como para minimizar los costes de generación.

Si medimos las velocidades del viento a lo largo de un año observaremos que en la mayoría de áreas los fuertes vendavales son raros, mientras que los vientos frescos y moderados son comunes.

Para describir la variación de la velocidad del viento en un emplazamiento suele utilizarse la Distribución de Weibull, que para nuestro caso, en el que tenemos una velocidad media de 6,51m/s, mostramos en la figura de la derecha.



Distribución de Weibull

El gráfico muestra una distribución de probabilidad. El área bajo la curva siempre vale 1, ya que la probabilidad de que el viento sople en cualquiera de las velocidades, incluyendo el 0, debe ser del 100 por cien.

La mitad del área azul está a la izquierda de la línea negra vertical a 6,10 metros por segundo. Los 6,10 m/s son la mediana de la distribución. Esto significa que la mitad

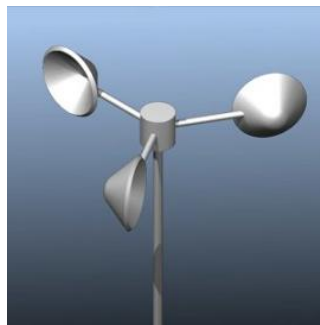
del tiempo el viento soplará a menos de 6,10 m/s y la otra mitad soplará a más de 6,10 m/s.

Puede preguntarse por qué decimos entonces que la velocidad del viento media es de 6,51m/s. La velocidad del viento media es realmente el promedio de las observaciones de la velocidad del viento que tendremos en ese emplazamiento.

La distribución estadística de las velocidades del viento varía de un lugar a otro, dependiendo de las condiciones climáticas locales, del paisaje y de su superficie. Por lo tanto, la distribución de Weibull puede variar tanto en la forma como en el valor medio.

Anemómetros

Las mediciones de las velocidades del viento se realizan normalmente usando un anemómetro de cazoleta. El número de revoluciones por segundo son registradas electrónicamente. Normalmente, el anemómetro está provisto de una veleta para detectar la dirección del viento.



Anemómetro

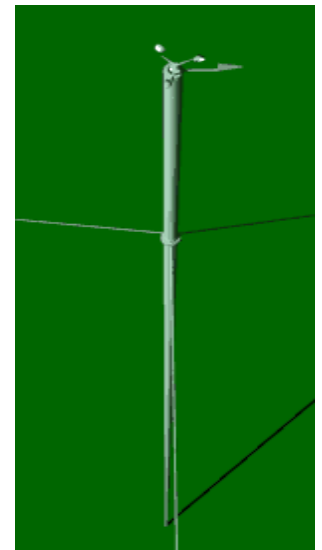
Otros tipos de anemómetros incluyen ultrasonidos o anemómetros provistos de láser que detectan el desfase del sonido o la luz coherente reflejada por las moléculas de aire.

Los anemómetros de hilo electrocalentado detectan la velocidad del viento mediante pequeñas diferencias de temperatura entre los cables situados en el viento y en la sombra del viento (cara a sotavento).

La ventaja de los anemómetros no mecánicos es que son menos sensibles a la formación de hielo. Sin embargo en la práctica los anemómetros de cazoletas son ampliamente utilizados, y modelos especiales con ejes y cazoletas eléctricamente calentados pueden ser usados en las zonas árticas.

La mejor forma de medir la velocidad del viento, en una futura localización de una turbina eólica, es situar un anemómetro en el extremo superior de un mástil que tenga la misma altura que la altura de buje esperada de la turbina que se va a utilizar. Esto evita la incertidumbre que conlleva el recalcular la velocidad del viento a una altura diferente.

Para evitar el abrigo de viento, en lugar de utilizar torres de celosía, normalmente se utilizan postes cilíndricos delgados, tensados con vientos, en los que se colocan los mecanismos de medición del viento.



© DWTMA, 1998

Los datos de las velocidades y direcciones del viento obtenidos por el anemómetro son recogidos en un chip electrónico en una pequeña computadora, el registrador de datos ('data logger'), que puede funcionar con batería durante un largo período de tiempo.

Si hay muchas lluvias heladas en la zona o escarcha en las montañas, puede necesitar un anemómetro calentado, que requiere una conexión a la red eléctrica para hacer funcionar el calentador.

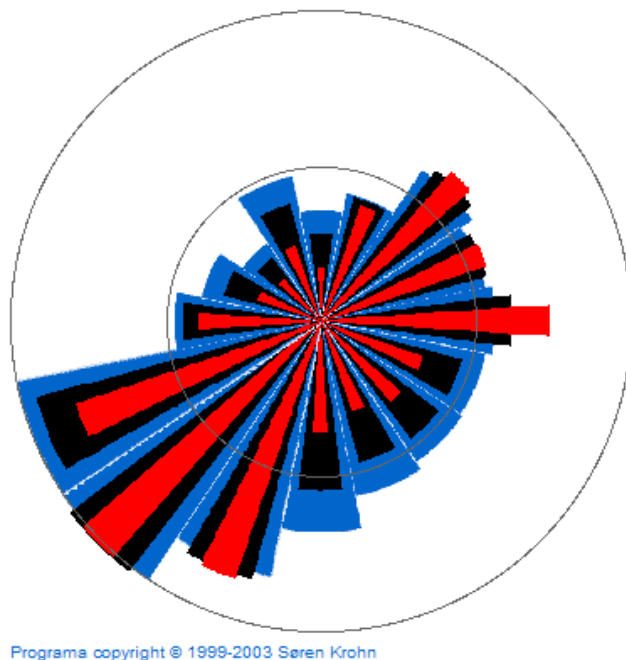
Las velocidades del viento son medidas en medias de 10 minutos para que sea compatible con la mayoría de programas estándar. Los resultados en las velocidades del viento son diferentes si se utilizan diferentes periodos de tiempo para calcular las medias.

La rosa de los vientos

Para mostrar la información sobre las distribuciones de velocidades del viento y la frecuencia de variación de las direcciones del viento, puede dibujarse la llamada rosa de los vientos basándose en observaciones meteorológicas de las velocidades y

direcciones del viento.

En la imagen se muestra la rosa en las cercanías de Casa de Don Pedro, donde se encuentra nuestra finca.



Rosa de los vientos

Hemos dividido nuestra rosa en 16 sectores. El radio de las cuñas amplias (las exteriores) proporciona la frecuencia relativa de cada una de las 16 direcciones del viento, es decir, que tanto por ciento del tiempo el viento sopla

en esa dirección.

La segunda cuña da la misma información pero multiplicada por la media de la velocidad del viento en cada dirección particular.

La cuña más interior, en rojo, proporciona la misma información que la primera pero multiplicada por el cubo de la velocidad del viento en nuestra ubicación. Esto indica la contribución de cada sector en la energía contenida en el viento en nuestra ubicación particular.

El contenido energético del viento varía con el cubo de la velocidad. Por tanto, las cuñas rojas son en realidad las más interesantes. Indica donde encontrar una mayor potencia que impulse nuestros aerogeneradores. En este caso podemos ver que la dirección de vientos dominantes es la Sudoeste.

Una rosa de los vientos proporciona información sobre las velocidades relativas del viento en diferentes direcciones, es decir, cada uno de los tres grupos de datos ha sido multiplicado por un número que asegura que la cuña más larga del grupo mide exactamente lo mismo que el radio del círculo más exterior del diagrama. La rosa de los vientos varía de un lugar a otro, son en realidad una huella meteorológica.

Las rosas de los vientos de las áreas vecinas son a menudo similares, por lo que en la práctica la interpolación de las rosas de los vientos de las áreas circundantes puede dar resultados seguros. Pero si el terreno es complejo, como es el ejemplo de montañas o valles, no es seguro en general adoptar este tipo de suposiciones.

Un vistazo a la rosa de los vientos es extremadamente útil a la hora de situar los aerogeneradores. Si una gran parte de la energía del viento viene de una dirección particular, lo que deseara, cuando coloque una turbina eólica en el paisaje, será tener el menor número de obstáculos posibles en esa dirección, así como un terreno lo mas liso posible.

Los modelos eólicos pueden variar de un año a otro, así como el contenido energético. Por lo tanto, lo más conveniente es tener observaciones de varios años para poder obtener una media fidedigna. Los proyectistas de grandes parques eólicos cuentan normalmente con una año de medidas locales y utilizan observaciones meteorológicas a largo plazo de las estaciones climáticas cercanas para ajustar sus medidas y obtener así una media a largo plazo fiable.

1.1.6. Selección de aerogeneradores

Los aerogeneradores instalados en nuestro parque eólico serán suministrados por la empresa Gamesa. En el catálogo de la empresa hay distintos aerogeneradores, todos ellos con diferentes prestaciones.

En nuestro caso recurriremos al aerogenerador G52-850Kw, que tiene las mejores prestaciones para vientos altos y medios. Este presenta las siguientes características:

- Tecnología de paso y velocidad variable para maximizar la energía producida.
- Fabricación de palas más ligeras mediante el empleo de fibra de vidrio y pre-impregnados.

- Cumplimiento de los principales Requerimientos de Conexión a Red internacionales.
- Diseño aerodinámico y sistema de control Gamesa NRS®; para minimizar el ruido emitido.
- Sistema de control y monitorización remota con acceso web.
- Dotado de un sistema de mantenimiento predictivo.

En la ficha completa de nuestro aerogenerador tenemos la elección de diferentes alturas de torre. Para poder elegir una de ellas hemos llevado a cabo un estudio del aumento de energía y de coste que supone elegir una altura u otra.

Con la hoja de cálculo obtendremos las distintas velocidades que toma el aerogenerador en relación a la altura de la torre elegida. Para ellos emplearemos la siguiente fórmula:

$$V(h) = V_o \cdot \left(\frac{h}{h_o} \right)^\alpha$$

$V(h)$: velocidad conseguida al elegir la altura h

V_o : velocidad media

h : altura a la que se realiza la campaña de medida de vientos

α : 0,8

El parámetro α es un factor de rugosidad o de fricción. Parámetro empírico recogido en tablas y que varía entre 0,0002 para un terreno totalmente liso (hielo o mar) y 1,6 para un terreno muy accidentado y con obstáculos. A una gran altura de la superficie del suelo, alrededor de un kilómetro la superficie apenas ejerce influencia alguna sobre el viento. Sin embargo, en las capas más bajas de la atmosfera, las velocidades del viento se ven afectadas por la fricción con la superficie terrestre. En la industria eólica se distingue entre rugosidad del terreno la influencia de los obstáculos, y la influencia del contorno del terreno. Cuanto más pronunciada sea la rugosidad del terreno mayor será la ralentización que experimente el viento. Como claros ejemplos de elementos que ralentizan acentuadamente el viento tenemos los bosques y las ciudades, mientras que en el lado contrario se encuentran las pistas de hormigón de los aeropuertos y las superficies de agua.

Las velocidades de viento medias en cada dirección serán obtenidas de datos meteorológicos tomados a 10m. de altura. En esta fórmula tendremos que utilizar la velocidad media total en todo el emplazamiento, que se obtiene sumando todas las velocidades medias y dividiendo por el número de direcciones.

1.1.7. Emplazamiento de los aerogeneradores

Para buscar el correcto emplazamiento de los aerogeneradores partimos de una campaña de vientos, en la que se muestra la frecuencia y la velocidad a la que sopla el viento en esa dirección, con una torre meteorológica a 10m. de altura tomada a lo largo de un año. En nuestro caso es la siguiente:

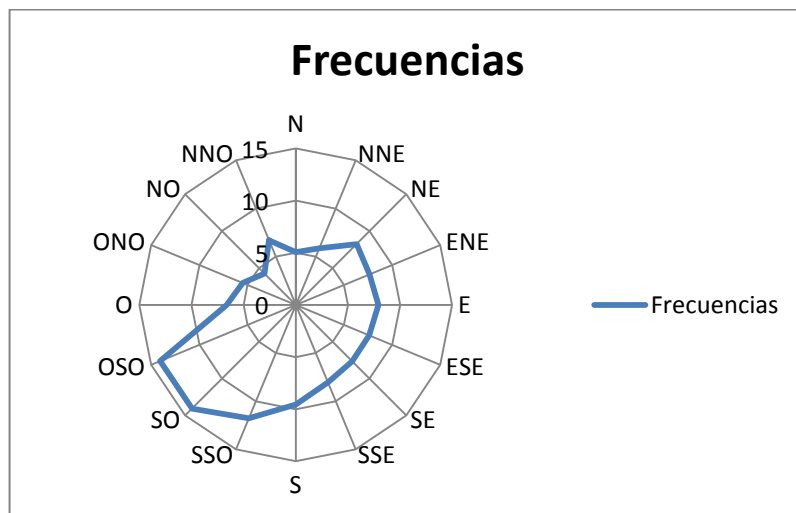
| Orientación | Frecuencias | Velocidades (m/s) |
|-------------|-------------|----------------------|
| N | 5,05 | 5,5 |
| NNE | 5,88 | 6,885 |
| NE | 8,245 | 7,22 |
| ENE | 7,65 | 7,118 |
| E | 7,931 | 7,703 |
| ESE | 7,623 | 6,049 |
| SE | 7,644 | 6,042 |
| SSE | 8,058 | 5,702 |
| S | 9,568 | 5,675 |
| SSO | 11,781 | 7,13 |
| SO | 14,065 | 7,039 |
| OSO | 14,065 | 6,599 |
| O | 6,633 | 6,635 |
| ONO | 5,508 | 5,76 |
| NO | 4,264 | 5,878 |
| NNO | 6,7 | 5,733 |

Datos de la campaña de vientos

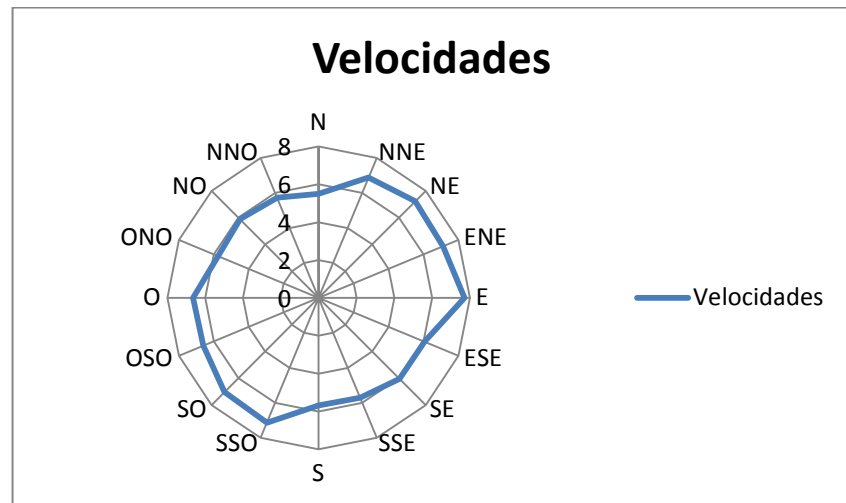
Tenemos que ver si la parcela es interesante para un parque eólica, esto se comprueba calculando la velocidad media en el emplazamiento, si esta es mayor a 5m/s podemos empezar con el estudio del parque.

$$V_m = 6,51209208 \text{ m/s}$$

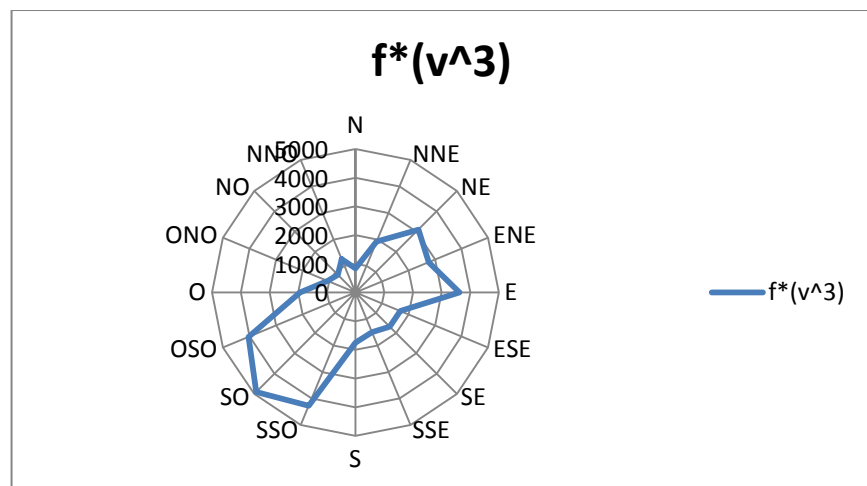
Al ver que se cumplen las condiciones anteriormente descritas, tendremos que ver la orientación que han de tomar nuestros aerogeneradores. Esta corresponde a la dirección perpendicular a la de vientos dominantes. Ahora bien, para ver cuál es la dirección de vientos dominantes utilizaremos la rosa de los vientos, descrita en apartados anteriores.



Rosa de los vientos de frecuencias



Rosa de los vientos de velocidades



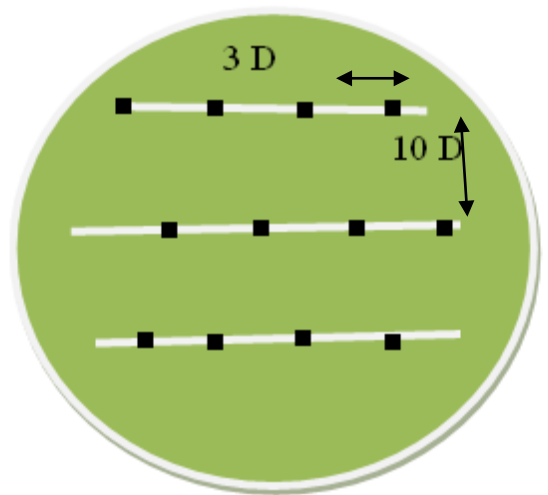
Rosa de los vientos de los vientos dominantes

Para situar los aerogeneradores nos interesa la dirección en la que el viento sopla con mayor frecuencia y a mayor velocidad. En la gráfica 1, vemos que la dirección en la que el viento sopla con mayor frecuencia es la SO y en la gráfica 2 nos indica como la velocidad del viento es mayor en la dirección SO. En la gráfica 3, tenemos la decisión definitiva de vientos dominantes, que apoyando lo mostrado en las gráficas anteriores, será la dirección SO.

Una vez realizado el estudio de vientos empezaremos a colocar los aerogeneradores en hileras perpendiculares a la dirección de los vientos dominantes, en este caso la SO.

En los parques eólicos, para evitar una turbulencia excesiva corriente abajo alrededor de las turbinas, cada una de ellas suele estar separada del resto una distancia mínima equivalente a tres diámetros del rotor. Cada aerogenerador ralentizará el viento tras de sí al obtener energía de él para convertirla en electricidad, por tanto, lo ideal sería poder separar las turbinas lo máximo posible en la dirección de viento dominante. Pero por otra parte, el coste del terreno y de la conexión de los aerogeneradores a la red eléctrica aconseja instalar las turbinas más cerca unas de otras. Así que el criterio tomado será el de separar cada hilera 10 diámetros de rotor.

Así pues, el emplazamiento de los aerogeneradores, tras un estudio exhaustivo del parque, es inmediato. La colocación debe ser en filas perpendiculares a las direcciones predominantes, de forma que quepan el mayor número posible de aerogeneradores.



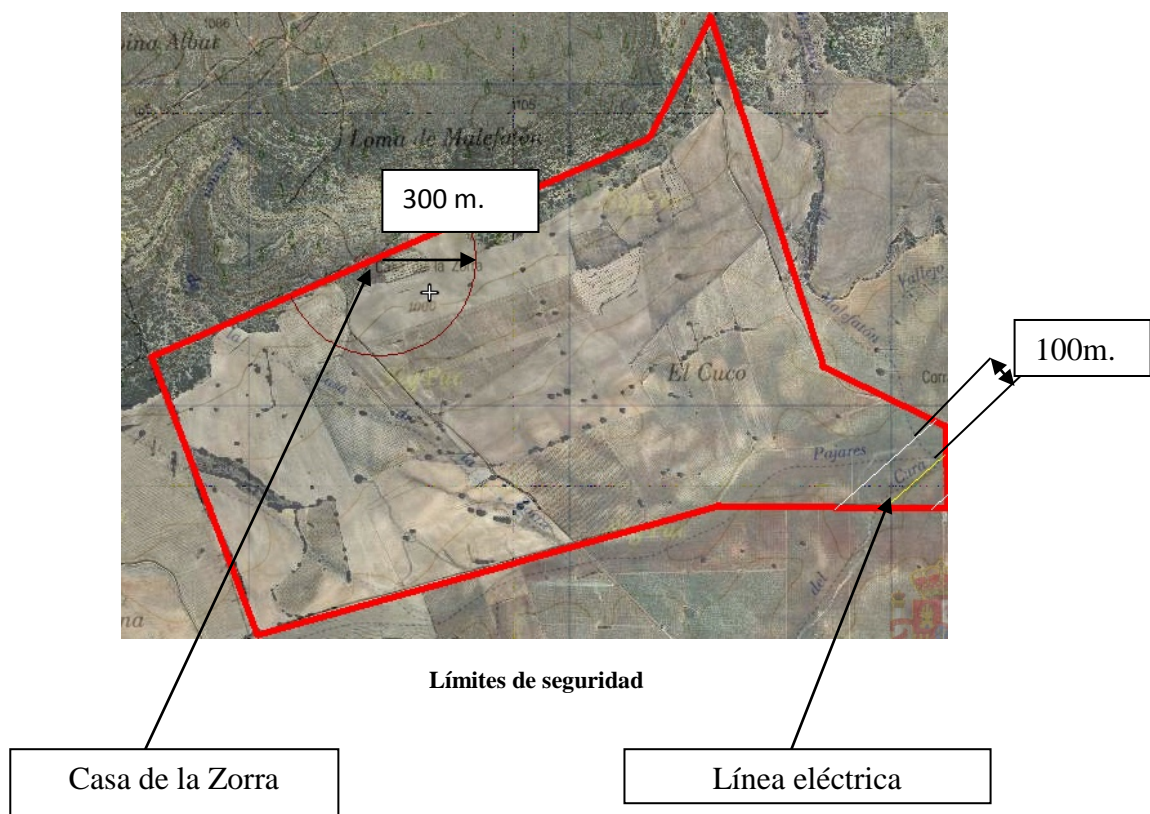
Distancias de seguridad

El espacio entre filas será de un mínimo necesario para evitar casos de posibles turbulencias y para que el viento entre “limpio” y con la potencia máxima disponible en el siguiente molino. Esta distancia entre filas corresponde a 10 veces el diámetro del

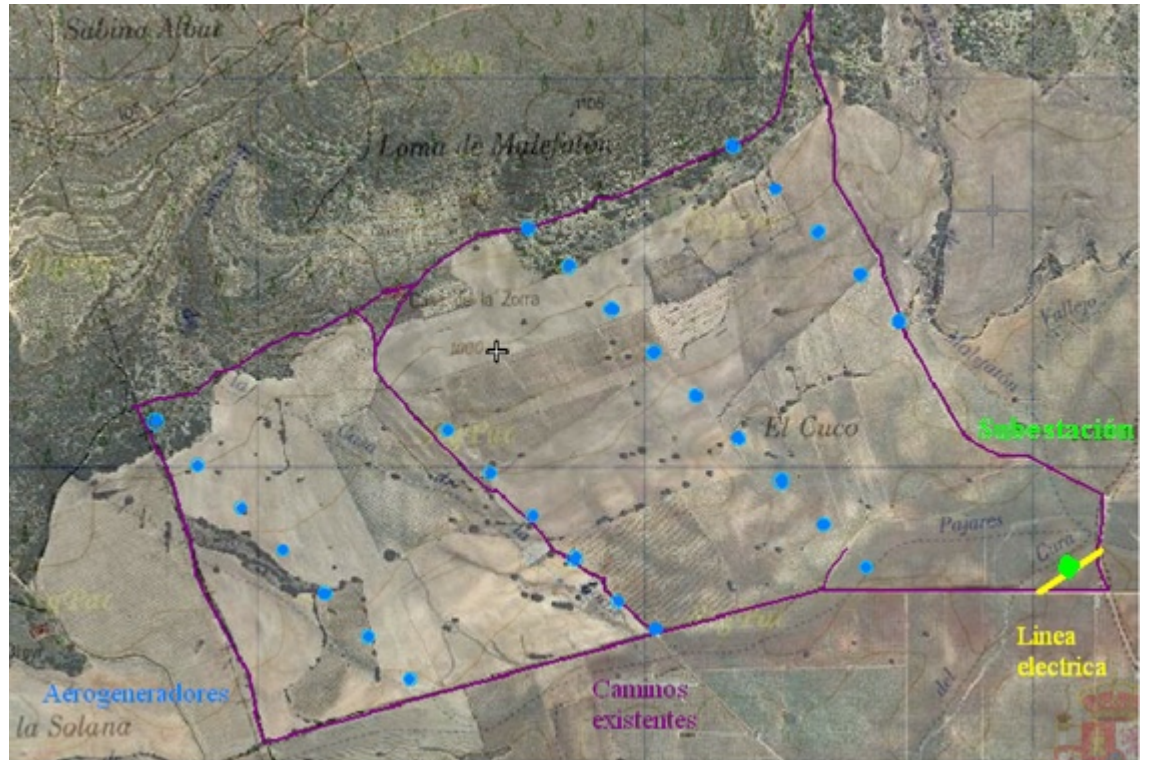
molino (520 metros) y entre molinos 3 veces el diámetro (156 metros), medidos desde los centros de las torres, estando estos colocados al “tresbolillo”, coincidiendo los molinos de una fila con espacios sin molino de la fila detrás de ella. De este modo, el espacio real entre filas de molinos anteriores o posteriores aumenta al doble de la distancia.

Lo ideal es intentar meter en la parcela el mayor número de máquinas posibles, para poder conseguir la explotación máxima posible de la parcela, aumentando así la rentabilidad. Todo lo anterior tendremos que elaborarlo respetando una normativa que establece que hay que dejar unos 100 metros a cada lado de la línea eléctrica así como 300 metros como mínimo respecto a las casas

En nuestro caso tenemos en uno de los límites de nuestra finca línea eléctrica y en otra parte de los límites tenemos una casa, la Casa de la Zorra.



Establecidos estos límites, nos disponemos a la distribución de nuestros aerogeneradores en busca de un rendimiento óptimo, como antes hemos descrito.



Distribución de aerogeneradores en nuestro parque

Los trazos morados, son los caminos ya existentes que nosotros utilizaremos y los puntos azules son los aerogeneradores que han entrado en nuestra finca, 27 aerogeneradores.

1.1.8. Cálculo de la producción de energía del parque

Para el cálculo de la energía producida por el parque, en primer lugar tenemos que partir de una campaña de vientos, en la que recibimos la información de, la frecuencia en la que sopla el viento en una determinada dirección y la velocidad media que toma en cada una de esas direcciones. En nuestro caso es la siguiente:

| Orientación | Frecuencias | Velocidades (m/s) |
|--------------------|--------------------|------------------------------|
| N | 5,05 | 5,5 |
| NNE | 5,88 | 6,885 |
| NE | 8,245 | 7,22 |
| ENE | 7,65 | 7,118 |
| E | 7,931 | 7,703 |
| ESE | 7,623 | 6,049 |
| SE | 7,644 | 6,042 |
| SSE | 8,058 | 5,702 |
| S | 9,568 | 5,675 |
| SSO | 11,781 | 7,13 |
| SO | 14,065 | 7,039 |
| OSO | 14,065 | 6,599 |
| O | 6,633 | 6,635 |
| ONO | 5,508 | 5,76 |
| NO | 4,264 | 5,878 |
| NNO | 6,7 | 5,733 |

Datos de la campaña de vientos

La construcción de un parque eólico, únicamente es viable cuando al calcular la velocidad media del viento en el emplazamiento obtenemos una velocidad superior a los 5 m/s., de modo que tendremos que calcular la velocidad media para comprobar la viabilidad.

Para el resto de cálculos también necesitaremos la velocidad media del viento en el emplazamiento, y para la velocidad media necesitamos el sumatorio de $f \cdot v$ y el sumatorio de frecuencias en todas las direcciones:

| Orientación | Frecuencias | f*v |
|--------------------------------------|-------------|-----------------------|
| N | 5,05 | 27,77 |
| NNE | 5,88 | 40,48 |
| NE | 8,245 | 59,53 |
| ENE | 7,65 | 54,45 |
| E | 7,931 | 61,09 |
| ESE | 7,623 | 46,11 |
| SE | 7,644 | 46,18 |
| SSE | 8,058 | 45,95 |
| S | 9,568 | 54,30 |
| SSO | 11,781 | 83,99 |
| SO | 14,065 | 99,00 |
| OSO | 14,065 | 92,81 |
| O | 6,633 | 44,01 |
| ONO | 5,508 | 31,73 |
| NO | 4,264 | 25,06 |
| NNO | 6,7 | 38,41 |
| $\Sigma \text{frecuencias} = 130,66$ | | $\Sigma f*v = 850,90$ |

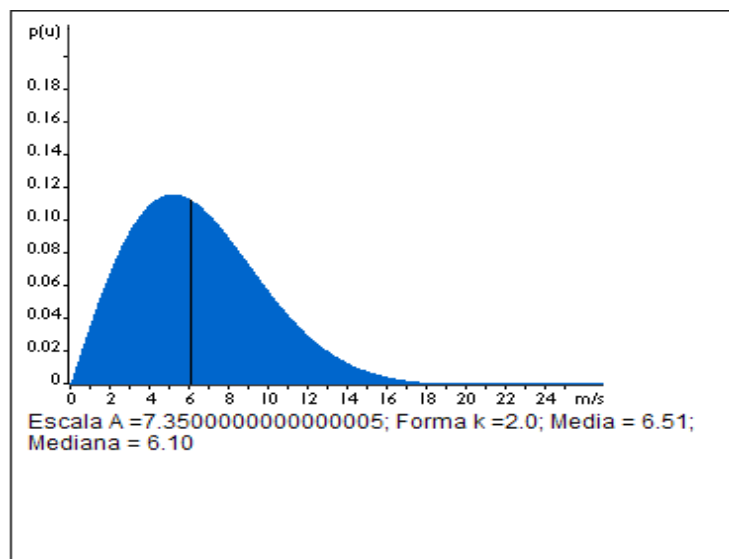
De este modo, la velocidad media se obtiene de la fórmula:

$$V_{\text{media}} = \frac{\Sigma \text{frecuencias}}{\Sigma f*v}$$

De forma que obtenemos:

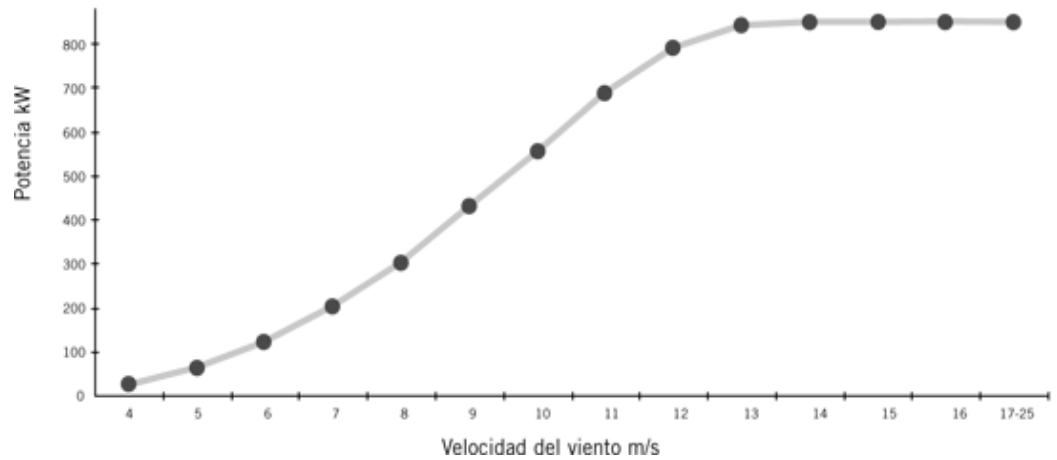
$$V_{\text{media}} = 6,51209208 \text{ m/s} > 5 \text{ m/s}$$

Una vez calculada la velocidad media, calculamos la energía (en Kw-h) anual que produce un parque eólico. Para ello tomamos la probabilidad para cada marca de clase, proporcionadas por la gráfica de Weibull.



Distribución de Weibull

Multiplicamos cada una de las probabilidades anteriores por la potencia que entrega el aerogenerador según su curva característica (cogida del catálogo de Gamesa) para cada una de las marcas de clase.



Curva característica del aerogenerador

| VELOCIDAD (m/s) | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17-25 |
|-----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| POTENCIA (kW) | 27.9 | 65.2 | 123.1 | 203.0 | 307.0 | 435.3 | 564.5 | 684.6 | 779.9 | 840.6 | 848.0 | 849.0 | 850.0 | 850.0 |

Datos de la curva característica

Sumamos los datos anteriores y los multiplicamos por el número de horas que tiene un año (8760), obteniendo así la energía que produce al año cada aerogenerador. A esta energía le llamaremos energía teórica anual del parque.

$$E_{\text{teórica parque}}(\text{anual}) = \sum (p(u)_i * \text{Potencia}(u)_i) * 8760$$

$$E_{\text{teórica parque}}(\text{anual}) = 2079108,04 \text{ Kw-h}$$

La energía real producida por el parque será la suma de la producida por todos los aerogeneradores del parque tras aplicarles factores correctores de pérdidas.

- Pérdida por indisponibilidad de máquinas y subestación= 0,98

- Pérdida por transporte= 0,97
- Pérdida por mantenimiento= 0,97

De manera que, sabiendo que en nuestro parque eólico tenemos 27 aerogeneradores, la energía real será igual a:

$$E_{\text{real parque}} = E_{\text{anual producida por parque}} = [\sum (p(u)_i * \text{Potencia}(u)_i) * 8760] * 27 * 0,98 * 0,97 * 0,97$$

De donde sacamos que:

$$E_{\text{real parque}} = 51761918,6 \text{ Kw} \cdot \text{h}$$

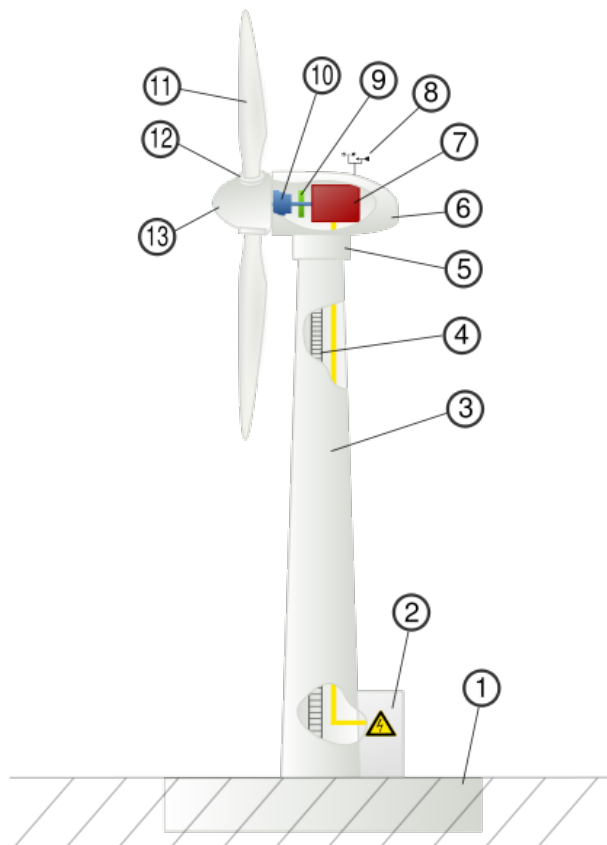
Para indicar la “eficacia” de un parque eólico utilizamos el factor denominado “horas equivalentes”. Este factor expresa cuantas horas tendría que funcionar el parque entregando su potencia nominal (0,85 MW por aerogenerador) durante un año para entregar la energía producida anualmente

$$h_{\text{equivalente}} = \frac{E_{\text{anual producida por parque}}}{\text{Potencia total instalada}}$$

$$h_{\text{equivalente}} = 2255,42 \text{ h}$$

1.1.9. Aerogeneradores

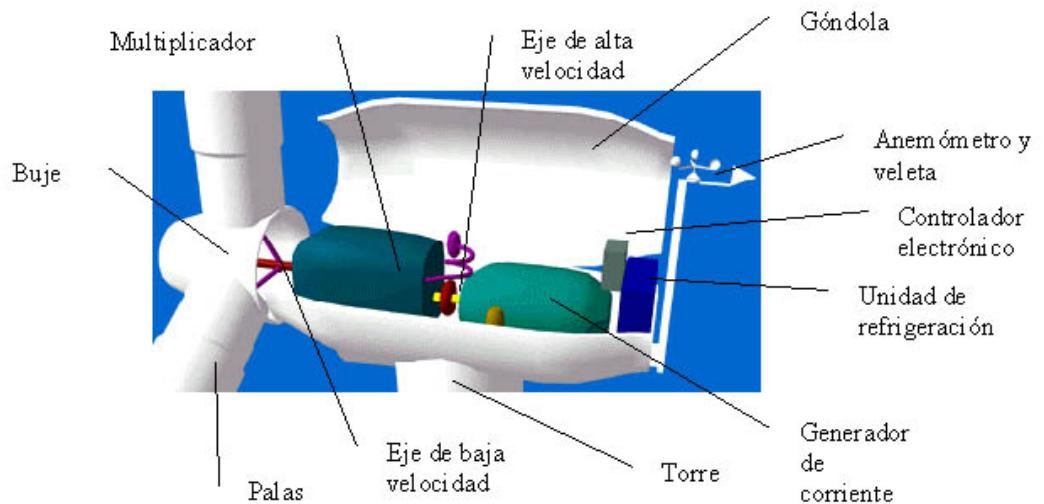
El esquema de un aerogenerador es:



Esquema de una turbina eólica:

1. Cimientos
2. Conexión a la red eléctrica
3. Torre
4. Escalera de acceso
5. Sistema de orientación
6. Góndola
7. Generador
8. Anemómetro
9. Freno
10. Transmisión
11. Pala
12. Inclinación de la pala
13. Buje del rotor

Vamos a describir algunas de las partes fundamentales:

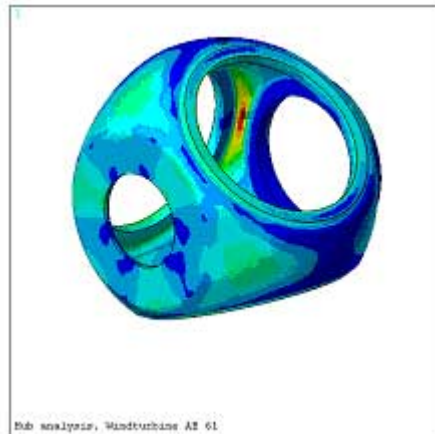


Partes del aerogenerador

Góndola: Contiene las partes fundamentales de un aerogenerador, incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico. El personal de servicio puede entrar en la góndola desde la torre de la turbina.

Palas del rotor: Capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. En un aerogenerador moderno de 1500 kw cada pala mide alrededor de 40 metros de longitud y su diseño es muy parecido al del ala de un avión.

Buje: El buje del rotor está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador. Consiste en una esfera hueca cortada por tres planos que se conforman las bridas de unión a los rodamientos de pala.

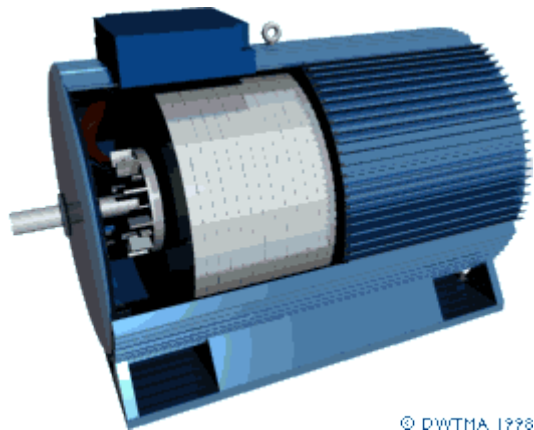


Buje

Eje de baja velocidad: Conecta el buje del rotor al multiplicador. En un aerogenerador moderno de 1500 kw el rotor gira muy lento, a unas 20 a 35 revoluciones por minuto (r.p.m.) El eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos.

Multiplicador: Tiene a su izquierda el eje de baja velocidad. Permite que el eje de alta velocidad que está a su derecha gire 50 veces más rápido que el eje de baja velocidad. El eje de alta velocidad Gira aproximadamente a 1.500 r.p.m. lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

Generador eléctrico: Suele ser un generador asíncrono o de inducción. El aerogenerador convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Los aerogeneradores son algo inusuales, si se les compara con los otros equipos generadores que suelen encontrarse conectados a la red eléctrica. Una de las razones es que el generador debe trabajar con una fuente de potencia (el rotor de la turbina eólica) que suministra una potencia mecánica muy variable (momento torsor).



Generador

Controlador eléctrico: Es un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción automáticamente para el aerogenerador y llama al ordenador del operario encargado de la turbina a través de un enlace telefónico mediante módem.

Unidad de refrigeración: Contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además contiene una unidad refrigerante por aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores refrigerados por agua.

Torre: Soporta la góndola y el rotor. Generalmente es una ventaja disponer de una torre alta, dado que la velocidad del viento aumenta conforme nos alejamos del nivel del suelo. Una turbina moderna de 1.500 kw tendrá una torre de unos 60 metros. Las torres pueden ser bien torres tubulares o torres de celosía. Las torres tubulares son más seguras para el personal de mantenimiento de las turbinas ya que pueden usar una escalera interior para acceder a la parte superior de la turbina. La principal ventaja de las torres de celosía es que son más baratas. El mecanismo de orientación está activado por el controlador electrónico, que vigila la dirección del viento utilizando la veleta.

Los aerogeneradores pueden clasificarse atendiendo a criterios muy diferentes, como pueden ser:

1. Por el tipo de eje

EJE VERTICAL



Aerogenerador de eje vertical

También conocidos como VAWT, que proviene de las siglas en inglés “vertical axis wind turbines”. Su principal característica es que el eje de rotación se encuentra en posición perpendicular al suelo y a la dirección del viento. Su principal ventaja es la eliminación de los complejos mecanismos de direccionamiento y las fuerzas a las que se someten las palas ante los cambios de orientación del rotor, y no tienen que desconectarse con velocidades altas de

viento. En cambio como desventaja presenta una capacidad pequeña de generar energía.

Tipos:

- Darrieus: Consiste en dos o tres arcos que giran alrededor del eje.
- Sabonius: Dos o más filas de semicírculos colocados opuestamente alrededor del eje.
- Panémonas: Cuatro o más semicírculos unidos al eje central.

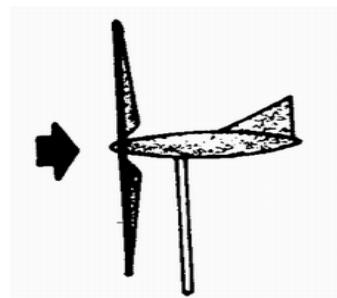
EJE HORIZONTAL

También conocidos como HAWT, que proviene de las siglas en inglés (horizontal axis wind turbines). Son los más habituales y en ellos se ha centrado el mayor esfuerzo de diseño e investigación en los últimos años. Su característica principal es que el eje de rotación se encuentra paralelo al suelo y a la dirección del viento. Su principal ventaja es, que al estar a una altura de entre 40 y 60 metros del suelo, aprovecha mejor las corrientes de aire, y todos los mecanismos para convertir la energía cinética del viento en otro tipo de energía están ubicados en la torre y la góndola, además de tener una eficacia muy alta. Como desventaja tenemos el transporte por sus grandes dimensiones (torres de 60 metros y palas de 40 metros), la fuerza que tiene que resistir las palas y en velocidades altas de viento, más de 100 Km/h deben de ser parados para evitar daños estructurales.

2. Por la orientación con respecto al viento

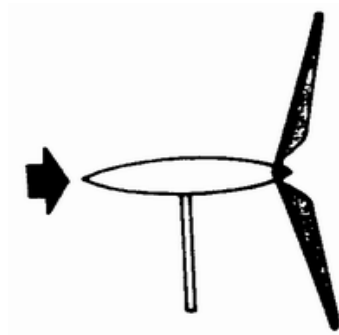
A BARLOVENTO

También denominado a proa. La mayoría de los aerogeneradores tienen este tipo de diseño. Consiste en colocar el rotor de cara al viento, siendo la principal ventaja el evitar el abrigo del viento tras la torre. Como desventaja diremos que necesita mecanismo de orientación del rotor, y que esté situado a cierta distancia de la torre.



Aerogenerador a barlovento

A SOTAVENTO



Aerogenerador a sotavento

También denominado a popa. Como ventaja presenta que el rotor puede ser más flexible, y que no necesita mecanismo de orientación. Su principal inconveniente es la fluctuación de la potencia eólica, debido al paso del rotor por el abrigo de la torre, por lo que crea más cargas

de fatiga en la turbina que con el diseño anterior (Barlovento).

3. Por el número de palas

DE UNA PALA

Al tener una sola pala necesitan de un contrapeso. Su velocidad de giro es muy elevada, lo que supone un inconveniente ya que introduce en el eje unos esfuerzos muy variables, lo que supone un acortamiento de la vida de la instalación.

DE DOS PALAS

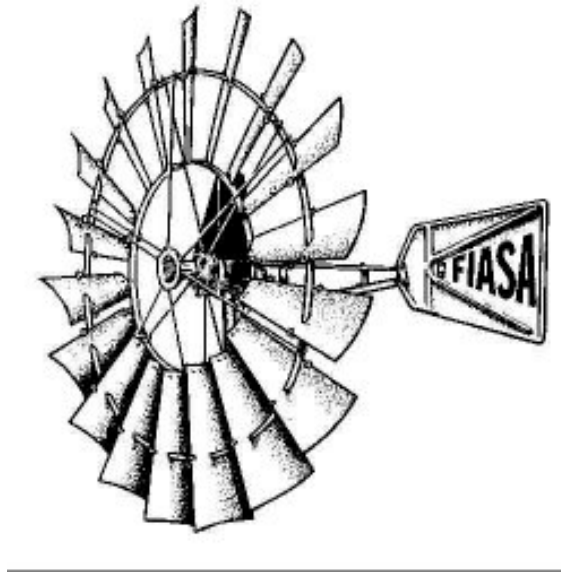
Los diseños de bipalas tienen la ventaja de ahorro en cuanto a coste y peso, pero por el contrario necesitan una velocidad de giro más alta para producir la misma cantidad de energía.

DE TRES PALAS

La mayoría de los aerogeneradores de hoy día son tripala, con el rotor a barlovento, usando motores eléctricos para sus mecanismos de orientación.

MULTIPALA

También conocido como el modelo americano, contiene multitud de palas, y sobre todo es utilizado para la extracción de agua en pozos.



Aerogenerador multipala

4. Por la adecuación de la orientación del equipo a la dirección del viento en cada momento

MEDIANTE CONICIDAD

Mediante un motor eléctrico y una serie de engranajes permiten el giro de todo el sistema, dejando perfectamente orientado el aerogenerador a la dirección del viento.

MEDIANTE UNA VELETA

Se emplea en equipos pequeños y de tamaño no muy grande, siendo el método más sencillo para orientar los aerogeneradores.

MEDIANTE MOLINOS AUXILIARES

Sistema no demasiado utilizado, y que consiste en instalar a ambos lados de la góndola dos rotores, los cuales son movidos por la propia fuerza del viento.

5. Por el control de potencia

SISTEMA DE PASO VARIABLE

Consiste en que las palas varían su ángulo de incidencia con respecto al viento. De esta forma cuando la potencia del viento es excesiva, se disminuye la resistencia de las palas con respecto al viento, evitando posibles daños estructurales. El mecanismo que rige este sistema funciona de forma hidráulica.

DISEÑO DE LAS PALAS

También conocido como diseño de regulación por pérdidas aerodinámicas. En este diseño la pala está ligeramente curvada a lo largo de su eje longitudinal, de esta forma la pala pierde la sustentación de forma paulatina y gradual, en vez de hacerlo bruscamente, cuando la velocidad del viento alcanza valores críticos. Los diseños de bipalas tienen la ventaja de ahorro en cuanto a coste y peso, pero por el contrario necesitan una velocidad de giro más alta para producir la misma cantidad de energía

REGULACION ACTIVA POR PERDIDA AERODINAMICA

En este caso se aumenta el ángulo de paso de las palas para llevarlas hasta una posición de mayor pérdida de sustentación, y poder consumir de esta forma el exceso de energía del viento. Sus principales ventajas son que la producción de potencia puede ser controlada de forma más exacta que con la regulación pasiva, y que puede funcionar a la potencia nominal con casi todas las velocidades de viento.

1.1.10. Viales y plataformas

VIALES

El primer proceso a considerar, en cuanto a las acciones con potencial impacto ambiental, está relacionado con el transporte de los aerogeneradores y demás equipos complementarios a la zona de implantación; por ello, la construcción de un parque eólico precisa del acondicionamiento de accesos con ciertos requerimientos, debido a las dimensiones de los componentes que hay que trasladar y a las de la propia maquinaria encargada de dicho transporte.

Aunque habitualmente se recomienda, con objeto de minimizar la ocupación del terreno, el aprovechamiento de infraestructuras civiles existentes, bien sea porque éstas no presenten las condiciones requeridas, o bien porque no lleguen hasta el emplazamiento deseado (el correspondiente a cada uno de los puntos de ubicación de los aerogeneradores), casi siempre se hace necesario la habilitación y la construcción de viales.

Algunos de los caminos tendrán carácter provisional, limitándose su uso a esta primera fase de ejecución de las instalaciones. Otros, sin embargo, constituirán las pistas de acceso para el mantenimiento y control operacional que deban realizarse durante la vida útil del parque. En ambos casos, las acciones genéricas habitualmente presentes en su proceso de construcción son las siguientes:

- Balizamiento de las zonas de trabajo, restringiendo la circulación de vehículos externos a la obra.
- Estaquillado, para marcar sobre el terreno con estacas de madera por donde discurrirán los viales o se situaran plataformas y cimentaciones.
- Adecuación de superficies de acopio de materiales: en ocasiones con casetas de obra.
- Despeje y desbroce: eliminación de la vegetación de porte arbóreo y arbustivo para limpiar la superficie objeto de convertirse en la calzada y las cunetas del vial. Para su limpieza se empleara un buldózer.



Buldózer

-Explanación y Movimiento de tierras: para la adecuación del terreno. Los volúmenes de movimiento de tierras dependerán de la orografía del terreno y de la geotecnia de los materiales en cada caso, siendo habitualmente mayores en las actividades de desmonte y terraplenado.

- Realización del firme: empleo de materiales de construcción no asfálticos, como la zahorra. La zahorra es el material formado por áridos no triturados, suelos granulados o una mezcla de ambos, cuya granulometría es de tipo continuo.

-Irrigación de la zahorra con una cisterna con agua o si lloviese moderadamente, esta sería la forma de irrigar.

-Compactación de las zahorras con un rodillo compactador.



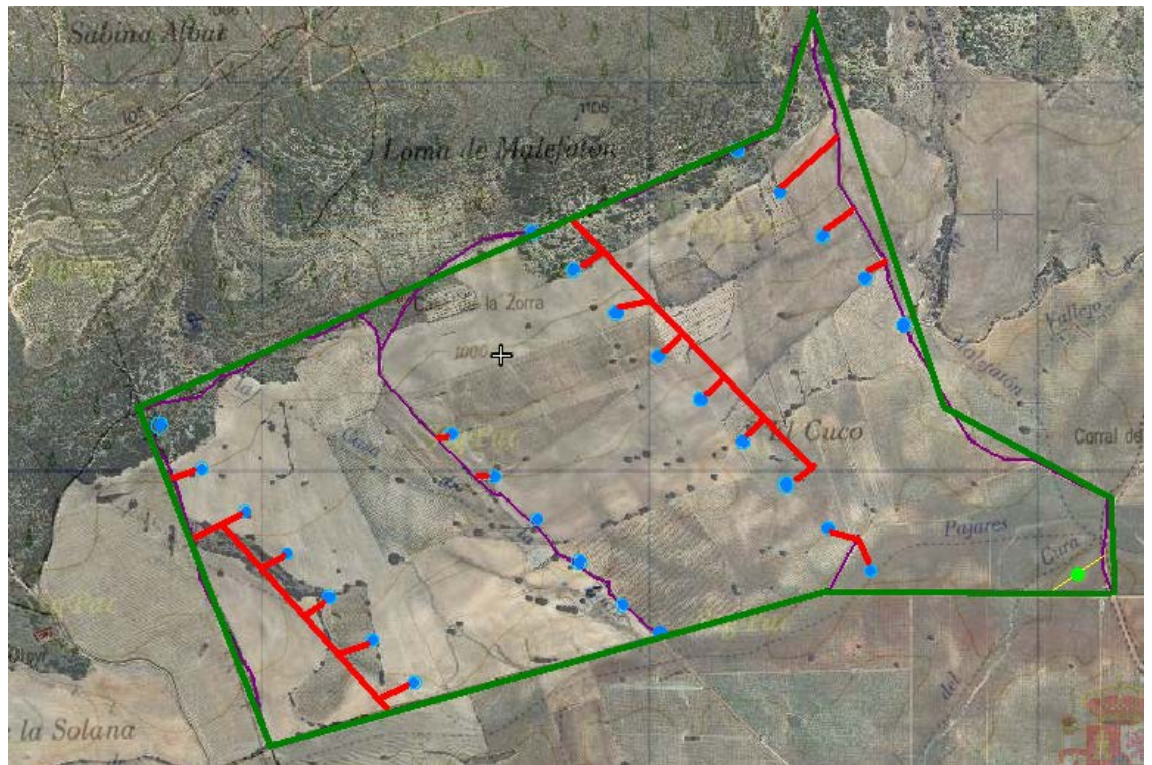
Compactado de zahorra

-Terminación y refino, en esta fase se deja todo perfectamente terminado y nivelado. Los caminos han de quedar totalmente nivelados horizontalmente, lo que se denomina nivelación a cabeza de estaca.

Los viales del nuestro parque eólico dispondrán de cunetas únicamente en uno de los lados de cada vial. Las cunetas tienen por misión recoger el agua de lluvia que baja ladera abajo y evitar que se acumule en la base del camino ya que acabaría por deteriorarlos. Por ello, tendremos que poner las cunetas en el lado del camino donde llegue el agua, que será el lado más alto del camino. Su sección transversal es en forma de V con 1m. de ancho y 50cm. de profundidad por término medio.

Una vez que el agua llega a la cuneta, corre cuesta abajo paralela al vial. Si a lo largo del camino se encuentra con un obstáculo, por ejemplo un cruce de caminos o que el camino empiece a subir pendiente arriba, se debe hacer un “paso de agua”. Un “paso de agua” es una conducción que pasa por debajo de un vial para llevar el agua a otro lado del mismo. A ambos lados del vial se realizarían las impostas que son los inicios finales del tubo que pasara bajo el camino.

Las carreteras del parque están prácticamente todas construidas. Las únicas carreteras que debemos de construir se representan en la imagen en trazos rojos.



Caminos nuevos y existentes

Los trazos verdes son los límites de la finca, los morados los caminos ya existentes y los rojos son los caminos que debemos de construir. Para la construcción de estos caminos se seguirán una serie de normas que citaremos a continuación.

Tramos rectos: en los tramos rectos de carretera la anchura mínima de esta sea de 4,5 metros útiles.

Tramos curvos: en los tramos curvos el ancho mínimo de la carretera será de 5 metros.

Radio de curvatura: El radio exterior máximo se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_{\text{ext}} = \sqrt{((R_{\text{int}} + 3)^2 + (\frac{L_{\text{pala}} + 6}{2})^2)}$$

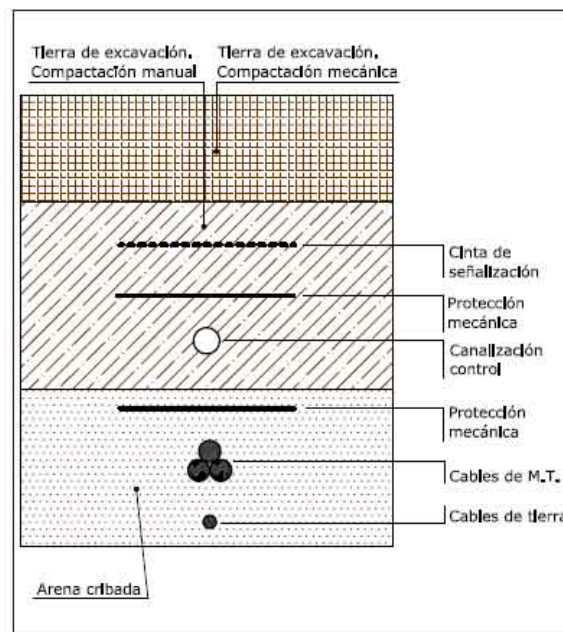
Donde L_{pala} es la longitud de la pala de nuestro aerogenerador, que en nuestro caso es de 25,3m. Los 6 metros que se le suman a la longitud de la pala es la longitud de la cabina del camión. En la tabla que adjuntamos en los cálculos justificativos se expone, para un radio de curvatura interior determinado cual ha de ser el ancho del camino, en el que se incluye para cada radio interior un radio exterior y un radio medio.

Inclinación de los viales: Por otro lado se seguirá un criterio para facilitar el acceso a determinados puntos del parque en el que la inclinación máxima del territorio no podrá ser superior al 12% en rectas y el 10% en curvas. Esto es debido a la longitud del camión, aproximadamente 31,3 metros, por lo que deberá contar con zonas lo suficientemente llanas como para no sufrir dificultades a la hora de atravesar determinados puntos. El parque es en características generales una zona bastante llana y de poco desnivel. Conviene suprimir los cambios de rasante bruscos en todo lo posible. Las grúas, palas y ciertos tramos de torre son muy largas y podrían quedarse sin tracción en el centro de los mismos.

ZANJAS Y CANALES

Se prevé que el número de kilómetros de camino a construir sea de unos 3,8 km. aproximadamente. Todos los caminos irán acompañados de una zanja. Las zanjas son excavaciones que se realizan debajo del terreno del parque para poder canalizar todo el cableado eléctrico bajo una capa de arena de excavación en primer lugar y bajo una capa de arenas seleccionadas en segundo lugar. Cada metro de camino deberá ir

acompañado también de una cuneta donde se recogerán todas las aguas de lluvia que baja ladera abajo evitando así que se acumule en la base del camino. Por eso se deberán poner en el lugar más alto del camino. Las cunetas se encuentran en el lado del camino donde no está la zanja, aunque muchas veces es inevitable el encuentro de zanja y cuneta y será necesario encontrar el modo de que se crucen pero sin que llegue a existir contacto entre ellas. Este cruce no es más que un paso a través del camino de forma subterránea que se realizara mediante los denominados pasos de agua, en los que el agua se conduce subterráneamente a través de la zona a atravesar. El agua se canaliza hasta llegar a una zona donde esta no suponga un problema mayor, es decir, hasta los límites del parque donde la infraestructura existente no pueda ser dañada. Los evacuadores de aguas que se colocan atravesando los viales deberán ser hormigonados previamente a su relleno.



Canalización enterrada

PLATAFORMAS

Una vez transportados los componentes del aerogenerador hasta el punto de anclaje, se procede a su ensamblaje, haciendo uso de una grúa de grandes dimensiones. De este modo se realiza el izado de la torre, la góndola y el rotor.

Al igual que para el transporte de los equipos, en las labores de instalación de los aerogeneradores se requieren infraestructuras auxiliares de ingeniería. Se trata de las plataformas de montaje sobre las que se sustentan las grúas necesarias para el izado de las torres y demás componentes del equipo con gran tamaño. Este emplazamiento destinado a la grúa presenta unos requerimientos de superficie que en nuestro caso es de 20 m x 25 m.

Se considera plataforma desde el borde de la cimentación. Estas tendrán que estar totalmente niveladas. Para el pre montaje del rotor en el suelo se debe disponer de una superficie de terreno llano y con base, sin vegetación prominente, que según la orografía del terreno puede exigir obra civil. Debido a la altura de las torres y los pesos a soportar, nos vemos obligados a trabajar con grúas de celosías. Esto implica que debemos tener un espacio en recto, da igual la dirección, para el montaje de todos los tramos de la celosía con una grúa auxiliar y que esta pueda trabajar junta a la pluma, a ser posible junto al camino de acceso para aprovechar este para la grúa auxiliar. La longitud de este tramo dependerá de las alturas de las torres. La compactación de las plataformas es tan importante como la de los viales. La grúa rara vez se coloca correctamente a la primera maniobra y si no está bien compactada se hundirá. Además esta plataforma debe ser capaz de soportar un peso mínimo total de 500 toneladas, que es el peso de la grúa

con sus contrapesos. En todas las plataformas, hay que habilitar un espacio para el acopio de material. Este espacio tendrá que estar alrededor de la plataforma de la grúa. Esta superficie tiene que ser llana y con la superficie compactada y consistirá en bandas de 5 m. de anchura alrededor de la plataforma y la cimentación. Si se aprovecha parte del vial como parte de la plataforma, debe dejar sitio para el paso de transportes especiales. La cota de la plataforma nunca debe de ser inferior a la cota de la virola de cimentación. Las grúas del mercado existentes no van sobradas de longitud de pluma. Si la cota de la plataforma es superior a la cota de la virola, eso favorece el montaje, siempre y cuando no sea excesiva.

La porción del terreno situada entre el final de la plataforma y la virola de cimentación deberá estar llana para permitir que otras grúas más pequeñas puedan realizar labores de montaje, si bien no se requiere el grado de compactación de la propia plataforma.

Habitualmente la grúa de 500 toneladas se posiciona en la plataforma, el tubo se estaciona paralelamente a ella y la grúa de retención en la trasera al tubo. El propio vial se puede utilizar como apoyo al montaje.

Cuando la instalación de los aerogeneradores y el resto de elementos esta ya concluida, se procede a la recuperación de zonas afectadas, reponiendo la tierra vegetal y procediendo a una siembra de especies vegetales que se adecuen a esa zona.

En la fase de funcionamiento, todos los viales existentes se utilizan únicamente para el acceso de los servicio de mantenimiento y vigilancia ambiental.



Izado de torre y ensamblaje de palas

1.1.11. Cimentaciones

El diseño de la cimentación de un aerogenerador es principalmente función de sus dimensiones y características geotécnicas del terreno. El concepto de cimentación que más se utiliza es el de una zapata aislada de unos 10-15 m. de lado y 1-2 m. de canto. La comprobación crítica es la de vuelco. Además hay que comprobar que no se superan las tensiones máximas admisibles en el terreno. También requiere especial cuidado el diseño de detalle de la unión entre la virola de la base de la torre y la cimentación, debiendo asegurar una buena transmisión de los esfuerzos de la camisa de la virola hasta las parrillas de armadura. Cuando la capacidad resistente del terreno es muy baja se debe realizar una cimentación pilotada.



Cimentación de aerogeneradores

En primer lugar se hace una excavación en el suelo. La cimentación se hace con hormigón, fabricado de agua, gravilla y cemento. Se dispone un enrejado de hierro para mantener el hormigón en su sitio. Alrededor de la cimentación se coloca un cable de cobre sin aislamiento, esto es el conductor de puesta a tierra. En caso de que le caiga un rayo al aerogenerador, la electricidad será conducida mediante este cable hacia abajo a través de la torre y traspasada a la tierra, de este modo, el rayo no daña al aerogenerador.

El hormigón llega en un camión y es conducido hasta el agujero a través de una larga manguera. Los operarios de la obra se aseguran de que el hormigón se disponga correctamente, sosteniendo la manguera, compactando el hormigón con un vibrador y alisando la superficie. Finalmente la parte inferior de la torre se cuela dentro del

hormigón. Las torres suelen estar unidas con pernos sobre las cimentaciones de hormigón sobre las que reposan. Sin embargo, hay otros métodos, como puede ser aquella en la que la parte inferior de la torre es colada dentro de la cimentación de hormigón, por lo que la parte más inferior de la torre tiene que ser soldada directamente en el propio emplazamiento.



Bridas

Este método requiere que la torre esté dotada de guías y abrazaderas especiales para mantener las dos secciones de la torre en su sitio mientras se está realizando la soldadura.

Las secciones de la torre de un aerogenerador son atornilladas utilizando bridas de acero laminado en caliente, soldadas a los extremos de cada sección de la torre. Las bridas están fabricadas de acero calmado.

El drenaje de la instalación es simple, consiste en dejar un tubo abierto dentro de la cimentación y el otro extremo a tierra.

Para los cables de tensión y el drenaje se utilizan tubos de plástico de sección de 200mm. Y para la puesta a tierra y el cable de fibra óptica de sección de 90mm.

1.1.12. Red de 20 kV

Al contrario de lo que sucede con otras fuentes de energía (gas, petróleo, carbón...), la energía eléctrica no se puede almacenar en grandes cantidades. La electricidad demandada en cada momento tiene que producirse de forma simultánea en centros de generación; para ello se necesita un equilibrio complicado y permanente entre generación y consumo, y una red de transporte que distribuya esa demanda.

El sistema eléctrico de un parque eólico tiene por objeto la transferencia de la energía producida por cada aerogenerador hacia la red de la compañía eléctrica que suministre a las poblaciones más cercanas.

Las características y distancia de la red en el punto de entronque condicionarán el diseño y trazado de la instalación de evacuación eléctrica de cada parque. Sin embargo, se puede generalizar que el sistema eléctrico de un parque eólico comercial, actualmente, está compuesto por los siguientes elementos:

- Instalación eléctrica de Baja Tensión (BT): puede ser interna a cada aerogenerador, o bien externa.

El primer caso consiste en unos circuitos internos al equipo y que conectan la salida del generador con el centro de transformación, también interno, y que eleva el potencial eléctrico de salida desde Baja Tensión hasta Media Tensión (20 kV). Este transformador suele ser de tipo seco, al estar localizado dentro de la torre.

Cuando los centros de transformación se sitúan fuera de la torre, suelen ser edificios prefabricados de composición modular y estructura de hormigón, y cuyas dimensiones oscilan según el tipo de aerogenerador, o el número de aerogeneradores agrupados a él (generalmente de 1 a 5 máquinas). Aquel que reciba la energía de 5 aerogeneradores tendrá una superficie aproximada de 4 por 2,5 m, y una altura de 2,3 m. Puede asentarse en la misma zapata de anclaje del aerogenerador o inmediatamente a su lado. Además, la tipología del transformador será en aceite, haciéndose necesaria la construcción de un foso de recogida de dicho aceite. Se requieren canalizaciones que conecten el cableado de cada aerogenerador con su centro de transformación.

Adicionalmente existirá otro circuito, de control (comunicaciones) y servicios auxiliares, para la alimentación de los equipos de regulación, motores de orientación, unidad hidráulica y otras herramientas de alumbrado y maniobra de la góndola y la torre.

- Red subterránea de Media Tensión (MT): que conecta a los aerogeneradores entre sí y a la subestación del parque eólico. Por ello, el trazado de la red de MT se basa en la disposición de los aerogeneradores y es aconsejable que la zanja del cableado transcurra paralela a los caminos de acceso a dichos molinos. La profundidad de los cables, que habitualmente se instalan directamente enterrados en las zanjas, suele ser algo superior a un metro. Dicha medida es resultado de un equilibrio entre dos factores condicionantes, desde un punto de vista técnico, pues la cercanía a la superficie favorece la disipación de calor a la atmósfera, mientras que la humedad suele aumentar con la profundidad.

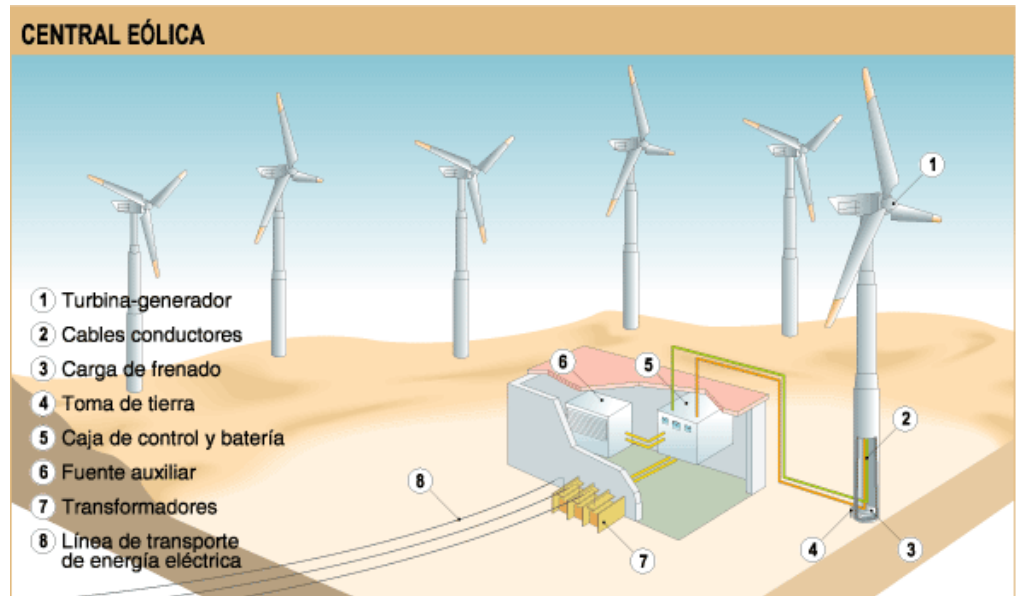
- **Toma de tierra:** además de las canalizaciones descritas, cada aerogenerador debe estar provisto de una específica para la red de tierra, con excavación de una zanja, colmatada con tierra vegetal y material procedente de la propia excavación o préstamo. El resto de zanjas se rellenan con diferentes capas de materiales, como arenas, grava y cinta señalizadora.

- **Subestación colectora:** transforma los niveles de MT de las líneas de transmisión del parque en valores superiores de tensión. De este modo permite ajustar las medidas de energía eléctrica generada en el parque (MT) con las necesarias para su vertido a la red de la compañía distribuidora de electricidad de la zona (AT).

La tipología más común de subestación transformadora MTIAT consiste en una estructura prefabricada mixta (intemperie-interior), para lo cual sólo será necesario el acondicionamiento del firme sobre el que se vaya a instalar.

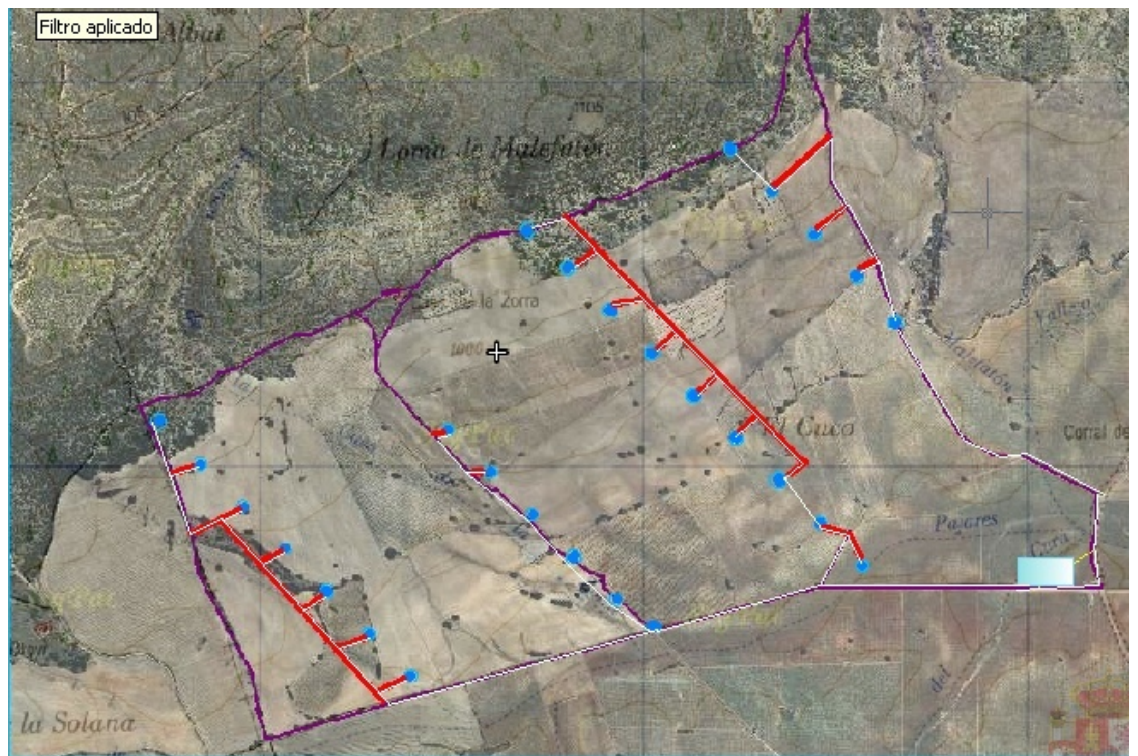
- **Evacuación en Alta Tensión (AT):** la forma más eficiente de evacuar la energía producida por el parque eólico es la Alta Tensión, de modo que se disminuyan las pérdidas a causa de caídas de tensión por resistencia y reactancia. Las condiciones técnicas de conexión de un parque eólico a la red pública de distribución de electricidad tendrán en consideración la tensión nominal y máxima de servicio, potencia máxima de cortocircuito admisible, capacidad de transporte de la línea, tipo de red aérea o subterránea, sistema de puesta a tierra, etc. Excepcionalmente, y dependiendo de la distancia de la subestación de distribución hasta el punto de entronque con la red general, la conexión mediante línea de AT corresponderá al

parque eólico, pudiendo ser de tipología soterrada o aérea; siendo en nuestro caso soterrada.



Elementos de un parque eólico

El cableado de nuestro parque se encuentra representado en la siguiente imagen por medio de trazos blancos, que por lo tanto también indicaran las zanjas, por donde irán enterrados los cables, de 1m. de profundidad de 0,8m. de anchura. Se puede ver como todo el cableado convergen en la subestación, representada por medio de un rectángulo en la parte inferior derecha del dibujo.



1.1.13. Red de comunicaciones y puesta a tierra

La red de comunicación del parque se basa en conectar los aerogeneradores del parque a la estación de control mediante un cable de fibra óptica. En el edificio de control se controlan todas las opciones del aerogenerador. Del edificio de control se manda toda la información vía modem a la sede central de la empresa controladora del parque.

Todos los aerogeneradores se encuentran comunicados a través de una red de puesta a tierra ejecutada en cobre desnudo de 70mm. de sección y equipotencial a los efectos de proteger a la instalación de las faltas eléctricas producidas en la misma o externas a la instalación.

1.1.14. Centros de transformación

Un centro de transformación es una instalación eléctrica que eleva el potencial eléctrico de salida desde baja tensión hasta media tensión (20 kV). El elemento principal del centro de transformación es el transformador, o en algunos casos, autotransformador. Este transformador suele ser de tipo seco, al estar localizado dentro de la torre. También son elementos del centro de transformación los dispositivos de protección, de maniobra y estructurales del mismo.

Cuando los centros de transformación se sitúan fuera de la torre, suelen ser edificios prefabricados de composición modular y estructura de hormigón, y cuyas dimensiones oscilan según el tipo de aerogenerador, o el número de aerogeneradores agrupados a él (generalmente de 1 a 5 máquinas). Aquel que reciba la energía de 5 aerogeneradores tendrá una superficie aproximada de 4 por 2,5 m, y una altura de 2,3 m. Puede asentarse en la misma zapata de anclaje del aerogenerador o inmediatamente a su lado.

Además, la tipología del transformador será en aceite, haciéndose necesaria la construcción de un foso de recogida de dicho aceite. Se requieren canalizaciones que conecten el cableado de cada aerogenerador con su centro de transformación, con tamaño aproximado de 0,80 m de profundidad por 0,60 m de anchura.

En primer lugar nos encontramos con una celda de media tensión, donde controlamos el que haya tensión en la subestación.

Después de la celda llegamos a un transformador de alta tensión que nos eleva la tensión hasta 132 kV deseados para poder sacar la electricidad del parque.

Una vez tenemos la tensión deseada tenemos que hacer una transformación de la intensidad, ya que en esta parte de la subestación llevaremos electricidad a la casa de control.

Una vez traspasado el tramo de los primeros transformadores de intensidad llegamos a unos segundos que transformaran la intensidad para sacarla del parque a la red eléctrica principal.

Por último hay un disyuntor que es el que nos muestra si estamos entregando electricidad.

1.1.15. Edificio de control

El centro de control es el edificio desde el que controlaremos los aerogeneradores. Al centro de control llegan los cables que se han derivado de la subestación eléctrica. Lo primero que nos encontramos es un transformador de baja tensión que nos transforma la tensión de 20kV a 220V, para poder utilizarla en el centro de control. Desde este edificio se controlara el correcto funcionamiento del parque, y se sabrá en todo momento si hay algún problema con los aerogeneradores.

1.2. Cálculos justificativos

Índice General

1.2.1. Aprovechamiento del recurso eólico y elección de aerogeneradores

1.2.2. Emplazamiento de los aerogeneradores

1.2.3. Cálculo de la producción de energía del parque

1.2.4. Obra civil y levantamiento topográfico

1.2.5. Obra eléctrica

1.2.1. Aprovechamiento del recurso eólico

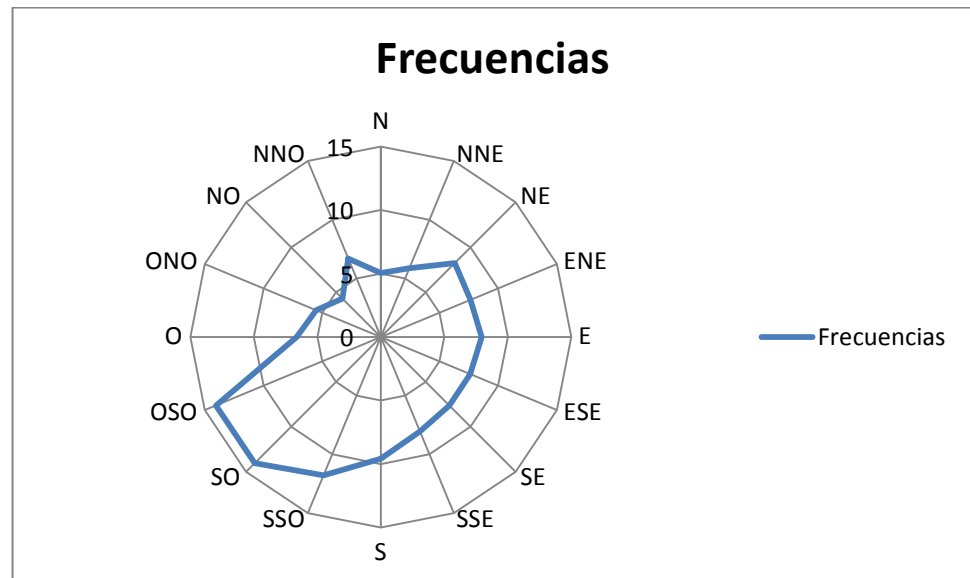
Para poder aprovechar la mayor parte la energía del viento de nuestro emplazamiento empleamos la rosa de los vientos referida a los datos que hemos ido tomando durante un determinado periodo de tiempo (aprox. un año).

| Orientación | Frecuencias | Velocidad (m/s) |
|--------------------|--------------------|----------------------------|
| N | 5,05 | 5,5 |
| NNE | 5,88 | 6,885 |
| NE | 8,245 | 7,22 |
| ENE | 7,65 | 7,118 |
| E | 7,931 | 7,703 |
| ESE | 7,623 | 6,049 |
| SE | 7,644 | 6,042 |
| SSE | 8,058 | 5,702 |
| S | 9,568 | 5,675 |
| SSO | 11,781 | 7,13 |
| SO | 14,065 | 7,039 |
| OSO | 14,065 | 6,599 |
| O | 6,633 | 6,635 |
| ONO | 5,508 | 5,76 |
| NO | 4,264 | 5,878 |
| NNO | 6,7 | 5,733 |

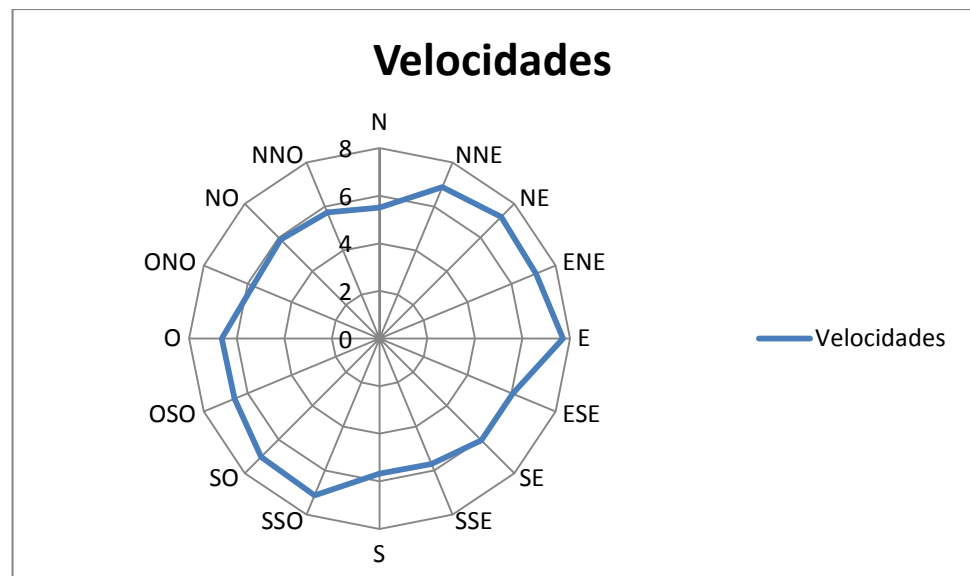
Datos de campaña de vientos

Velocidad media(V)

6,51 m/s



Rosa de vientos de frecuencia



Rosa de vientos de velocidades

En primer lugar, podemos ver como la construcción del parque en dicho emplazamiento es viable ya que la velocidad media que se da es mayor de 5 m/s. Por otro lado, a través de la rosa de los vientos, podemos ver como la dirección en la que el viento sopla con mayor frecuencia y velocidad es la SO. De modo que para que nuestro parque produzca la mayor cantidad de energía posible colocaremos nuestros aerogeneradores en hileras perpendiculares a esta dirección, siempre manteniendo la distancia de seguridad entre hileras (10 D) y la distancia de seguridad entre aerogeneradores (3D desde el eje del rotor).

En segundo lugar, tenemos que elegir, entre las posibles alturas de torres que presenta el catálogo de nuestro aerogenerador, que altura es la que nos da un mayor incremento de energía con un menor incremento de coste. Para ello vamos a comparar todas las alturas con la menor altura obteniendo un incremento de energía y un incremento de coste. Sabemos que cada metro de incremento de altura de la torre supone, por término medio, un incremento del 0,25% en coste del proyecto. Tomaremos la altura de torre más alta, pero teniendo en cuenta lo anterior.

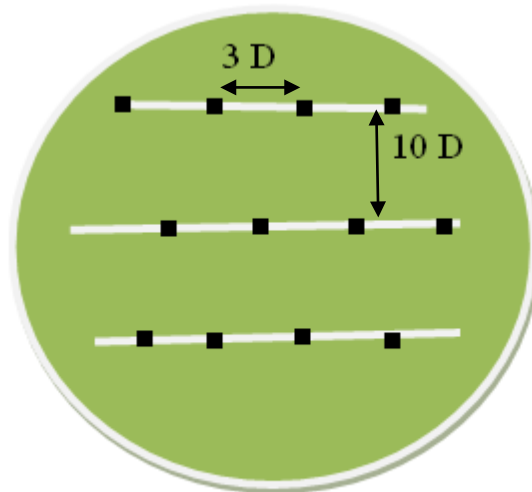
| h (m) | V _m (m/s) | V _m ³ (m ³ /s) | % incremento energía | % incremento de costes |
|-------|----------------------|---|----------------------|------------------------|
| 65 | 29,11 | 24.669,12 | 155,09 | 5,25 |
| 55 | 25,47 | 16.520,84 | 70,84 | 2,75 |
| 44 | 21,30 | 9.670,48 | - | - |

Tabla de alturas de torre

Podemos ver como en todos los casos se cumplen que el incremento de energía es mayor que el de costes.

1.2.2. Emplazamiento de los aerogeneradores

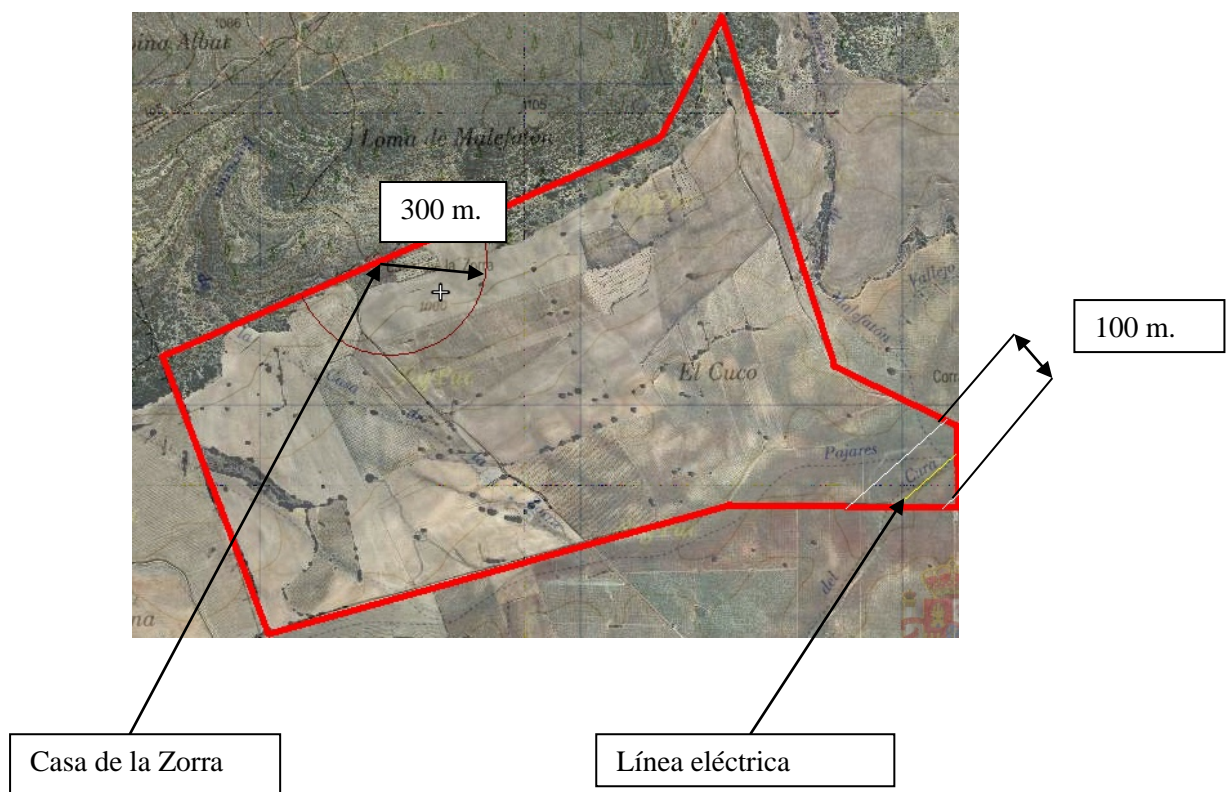
Una vez hecho el estudio de vientos ya nos disponemos para realizar el emplazamiento de los mismos utilizando la información obtenida en el apartado anterior. La colocación será en filas perpendiculares a la dirección de vientos dominantes, de modo que el aprovechamiento es máximo. El espacio que tendremos que respetar por seguridad será, entre filas de 10 veces el diámetro del rotor y entre aerogeneradores de 3 diámetros del rotor.



Distancias de seguridad

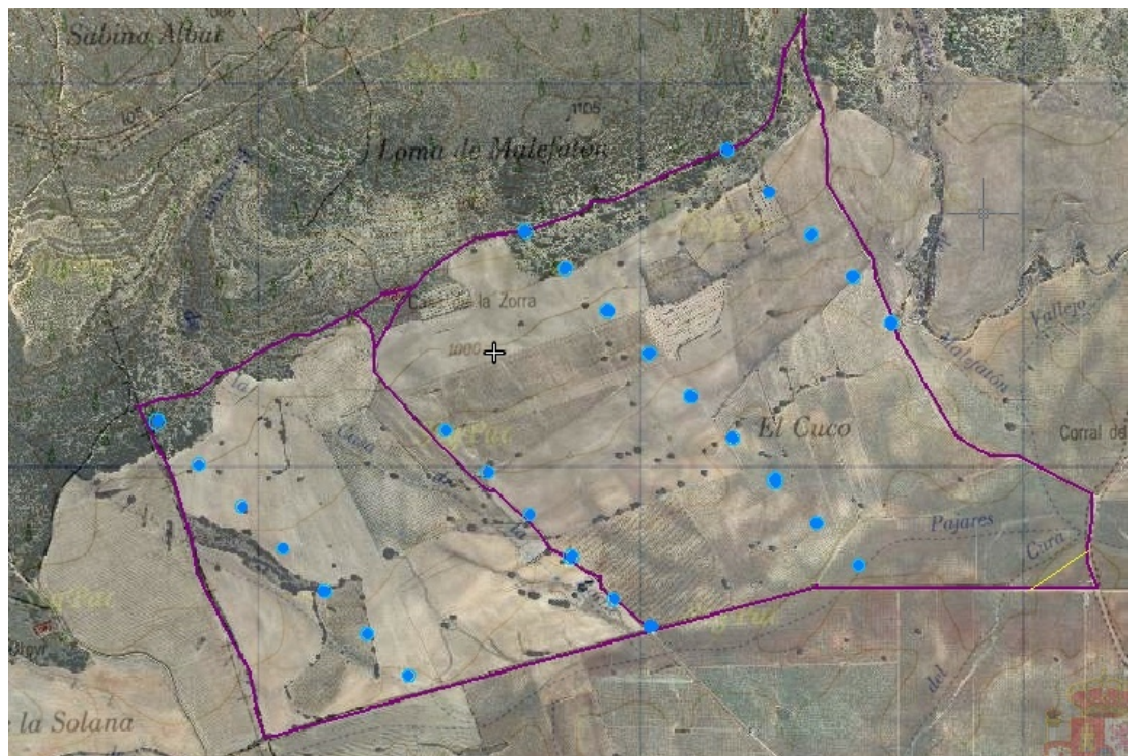
Los aerogeneradores estarán colocados al tresbolillo, esto es una disposición irregular entre filas, coincidiendo un molino de una fila con un espacio sin molino en la fila detrás de ella. De este modo el espacio real entre filas de molinos inmediatamente posteriores o anteriores aumenta al doble de la distancia entre filas de 10 diámetros. Se intentaran instalar el mayor número posible de aerogeneradores para así producir una mayor cantidad de energía., aumentado de este modo la rentabilidad del parque. Habrá

que respetar ciertas distancias de seguridad por normativa establecida. Así, la normativa establece que la distancia de seguridad mínima hacia cualquier núcleo urbano debe de ser de 300 metros. En el caso de líneas de alta tensión, la distancia de seguridad es de 100 metros a cada lado.



Sera posible disminuir o aumentar ligeramente las distancias, dentro de unos márgenes, en el posible caso de que un punto de emplazamiento de un aerogenerador coincida con las distancias de seguridad mínimas exigidas, siendo la pérdida de un molino una baja importante.

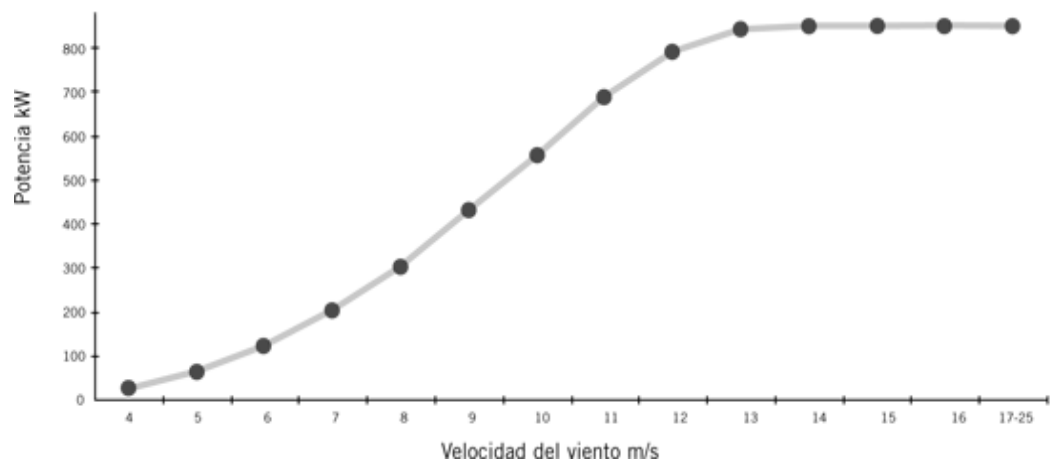
Siguiendo las reglas expuestas anteriormente la disposición de los aerogeneradores será la siguiente, siendo representados los mismos por puntos azules.



Distribución de aerogeneradores

1.2.3. Cálculo de la producción de energía del parque

Para el cálculo de la energía producida por nuestro parque tendremos que coger, por un lado, el catálogo de nuestro aerogenerador y representar en una tabla las velocidades a las que puede ir y la potencia que genera a cada velocidad, y por otro lado tendremos que obtener la probabilidad que tiene de ir a cada velocidad que se obtiene, como dijimos en apartados anteriores, a través el diagrama de Weibull.



| VELOCIDAD (m/s) | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17-25 |
|-----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| POTENCIA (kW) | 27.9 | 65.2 | 123.1 | 203.0 | 307.0 | 435.3 | 564.5 | 684.6 | 779.9 | 840.6 | 848.0 | 849.0 | 850.0 | 850.0 |

Velocidad-Potencia de los aerogeneradores

Teniendo los datos anteriormente nombrados, realizamos el producto entre la probabilidad de cada velocidad por la potencia que genera cada una de ellas.

| Velocidad(m/s) | Probabilidad | Potencia(kW) | P(u)*P(Kw) |
|----------------|--------------|--------------|-----------------|
| 1 | 0,033 | 0 | 0 |
| 2 | 0,069 | 0 | 0 |
| 3 | 0,097 | 0 | 0 |
| 4 | 0,11 | 27,9 | 3,069 |
| 5 | 0,117 | 65,2 | 7,6284 |
| 6 | 0,114 | 123,1 | 14,0334 |
| 7 | 0,105 | 203 | 21,315 |
| 8 | 0,094 | 307 | 28,858 |
| 9 | 0,079 | 435,3 | 34,3887 |
| 10 | 0,059 | 564,5 | 33,3055 |
| 11 | 0,044 | 684,6 | 30,1224 |
| 12 | 0,033 | 779,9 | 25,7367 |
| 13 | 0,02 | 840,6 | 16,812 |
| 14 | 0,01 | 848 | 8,48 |
| 15 | 0,008 | 849 | 6,792 |
| 16 | 0,006 | 850 | 5,1 |
| 17 | 0,002 | 850 | 1,7 |
| 18 | 0 | 850 | 0 |
| 19 | 0 | 850 | 0 |
| 20 | 0 | 850 | 0 |
| 21 | 0 | 850 | 0 |
| 22 | 0 | 850 | 0 |
| 23 | 0 | 850 | 0 |
| 24 | 0 | 850 | 0 |
| 25 | 0 | 850 | 0 |
| TOTAL | 1 | | 237,3411 |

Tabla para el cálculo de la energía anual de un aerogenerador

Sumando todos estos productos se obtienen la potencia generada por cada aerogenerador (237,341kW-h) y para obtener la potencia generada por cada aerogenerador a lo largo de un año multiplicaremos por el número de horas que tiene un año (8.760 horas) obteniendo así la potencia que produce cada aerogenerador al año **2.079.108,04 kW**. A este valor lo denominaremos **energía teórica anual del parque**.

Para calcular la energía anual producida por el parque (que será la real), tendremos que multiplicar la energía teórica por el número de aerogeneradores que hemos instalado en nuestro parque y una serie de factores de corrección de perdidas:

- Perdidas por indisponibilidad de máquinas y subestaciones: 0,98
- Perdidas por transporte: 0,97
- Perdidas por mantenimiento: 0,97
- N° de aerogeneradores: 27

Obteniendo así una **energía anual producida por el parque de 51.761.918,6 kV-h**.

Una manera muy usual de indicar la eficiencia de un parque eólico es calculando el número de horas que tendría que funcionar el parque entregando su potencia nominal (0,85 MW por aerogenerador) durante un año para entregar la energía producida anualmente, denominado horas equivalentes.

Este factor se obtiene dividiendo la energía anual producida por el parque entre la potencia total instalada:

Potencia total instalada= $0,85 \times 27 = 22,95 \text{ MW}$ \longrightarrow $22,95 \times 1.000 = 22.950 \text{ Kw}$

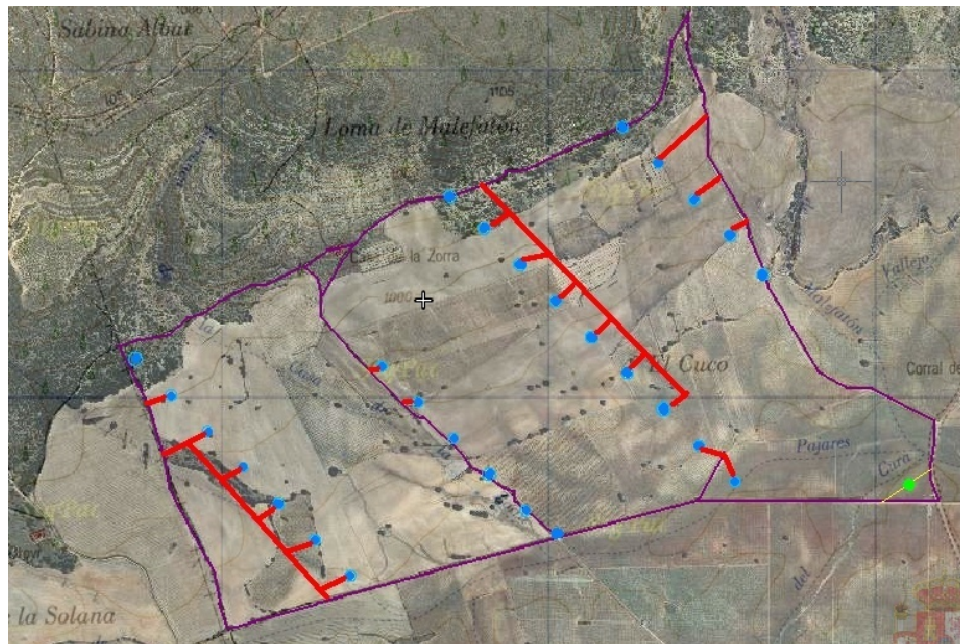
$$H_{\text{equivalentes}} = \frac{\text{Energía actual producda por el parque}}{\text{Potencia total instalada}} = 2.255,42 \text{ horas}$$

1.2.4. Obra civil y levantamiento topográfico

VIALES

El máximo peso soportado por los viales corresponde al peso de la grúa. Por lo tanto, la presión que tendrá que soportar el vial será el peso de la grúa entre el número de ejes de los que disponga la grúa. Si bien el peso de la grúa es a priori el elemento más desfavorable para dimensionar el vial, la experiencia demuestra que el mayor deterioro del mismo sucede por el continuo paso de los camiones cargados por los diferentes elementos de la máquina.

La composición de la carretera será de material seleccionado más zahorra artificial. La zahorra artificial es una mezcla de áridos, total o parcialmente machacados, en la que la granulometría del conjunto de los elementos que la componen es de tipo continuo.



Las carreteras que tenemos que construir se representan en la imagen superior a través de trazos rojos. Los caminos morados son caminos ya construidos mientras que los rojos son de nueva construcción. La obra civil que tenemos que llevar a cabo, representada por los caminos rojos, tiene una longitud total de 3.827,32 metros, 3,8 kilómetros.

Por lo tanto, la cantidad de tierra que habrá que mover será de:

$$3.827,32 \times 4,5 = 17.222,94 \text{ m}^2$$

Para la construcción de estos caminos seguiremos una serie de normas:

Tramos rectos: en los tramos rectos de la carretera la anchura mínima de esta será de 4,5 m. útiles.

Tramos curvos: en los tramos curvos el ancho mínimo de la carretera será de 5 metros.

Radio de curvatura: El radio exterior máximo se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_{\text{ext}} = \sqrt{((R_{\text{int}} + 3)^2 + (\frac{L_{\text{pala}} + 6}{2})^2)}$$

Donde L_{pala} es la longitud de la pala de nuestro aerogenerador, que en nuestro caso es de 25,3m. Los 6 metros que se le suman a la longitud de la pala es la longitud de la cabina del camión. En la tabla que adjuntamos en los cálculos justificativos se expone, para un radio de curvatura interior determinado cual ha de ser el ancho del camino, en el que se incluye para cada rad interior un radio exterior y un radio medio.

| r.int(m) | r.ext(m) | r.medio(m) | ancho(m) |
|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 10,00 | 20,35 | 15,17 | 10,35 |
| 11,00 | 21,00 | 16,00 | 10,00 |
| 12,00 | 21,68 | 16,84 | 9,68 |
| 13,00 | 22,38 | 17,69 | 9,38 |
| 14,00 | 23,11 | 18,55 | 9,11 |
| 15,00 | 23,85 | 19,43 | 8,85 |
| 16,00 | 24,62 | 20,31 | 8,62 |
| 17,00 | 25,40 | 21,20 | 8,40 |
| 18,00 | 26,19 | 22,10 | 8,19 |
| 19,00 | 27,00 | 23,00 | 8,00 |
| 20,00 | 27,82 | 23,91 | 7,82 |
| 21,00 | 28,65 | 24,83 | 7,65 |
| 22,00 | 29,49 | 25,75 | 7,49 |
| 23,00 | 30,35 | 26,67 | 7,35 |
| 24,00 | 31,21 | 27,60 | 7,21 |
| 25,00 | 32,08 | 28,54 | 7,08 |
| 26,00 | 32,95 | 29,48 | 6,95 |
| 27,00 | 33,84 | 30,42 | 6,84 |
| 28,00 | 34,73 | 31,36 | 6,73 |
| 29,00 | 35,62 | 32,31 | 6,62 |
| 30,00 | 36,52 | 33,26 | 6,52 |
| 31,00 | 37,43 | 34,21 | 6,43 |
| 32,00 | 38,34 | 35,17 | 6,34 |
| 33,00 | 39,25 | 36,13 | 6,25 |
| 34,00 | 40,17 | 37,09 | 6,17 |
| 35,00 | 41,10 | 38,05 | 6,10 |
| 36,00 | 42,02 | 39,01 | 6,02 |
| 37,00 | 42,95 | 39,98 | 5,95 |
| 38,00 | 43,89 | 40,94 | 5,89 |
| 39,00 | 44,82 | 41,91 | 5,82 |
| 40,00 | 45,76 | 42,88 | 5,76 |

Tabla del radio de las curvas

ZANJAS Y CANALES

Se prevé que el número de kilómetros de camino a construir sea de unos 3,8 km. aproximadamente. Todos los caminos irán acompañados de una zanja. Las zanjas son excavaciones que se realizan debajo del terreno del parque para poder canalizar todo el cableado eléctrico bajo una capa de arena de excavación en primer lugar y bajo una capa de arenas seleccionadas en segundo lugar. Cada metro de camino deberá ir acompañado también de una cuneta donde se recogerán todas las aguas de lluvia que baja ladera abajo evitando así que se acumule en la base del camino. Por eso se deberán poner en el lugar más alto del camino. Las cunetas se encuentran en el lado del camino donde no está la zanja, aunque muchas veces es inevitable el encuentro de zanja y cuneta y será necesario encontrar el modo de que se crucen pero sin que llegue a existir contacto entre ellas. Este cruce no es más que un paso a través del camino de forma subterránea que se realizara mediante los denominados pasos de agua, en los que el agua se conduce subterráneamente a través de la zona a atravesar. El agua se canaliza hasta llegar a una zona donde esta no suponga un problema mayor, es decir, hasta los límites del parque donde la infraestructura existente no pueda ser dañada. Los evacuadores de aguas que se colocan atravesando los viales deberán ser hormigonados previamente a su relleno.

Una vez medidas todas las carreteras del parque, tanto las de nueva construcción como las antiguas, hemos obtenido una longitud de zanja de 9.258,415 metros. Por lo tanto, la cantidad de **tierra a mover** será, sabiendo que nuestra zanja tendrá 1m. de profundidad, 0,8m. de anchura y 9.258,415m. de largo:

$$9.258,415 * 0,8 * 1 = 7.406,732 \text{ m}^3$$

PLATAFORMAS

Una vez transportados los componentes del aerogenerador hasta el punto de anclaje, se procede a su ensamblaje, haciendo uso de una grúa de grandes dimensiones. De este modo se realiza el izado de la torre, la góndola y el rotor.

Al igual que para el transporte de los equipos, en las labores de instalación de los aerogeneradores se requieren infraestructuras auxiliares de ingeniería. Se trata de las plataformas de montaje sobre las que se sustentan las grúas necesarias para el izado de las torres y demás componentes del equipo con gran tamaño. Este emplazamiento destinado a la grúa presenta unos requerimientos de superficie que en nuestro caso es de 20 m x 25 m.

Se considera plataforma desde el borde de la cimentación. Estas tendrán que estar totalmente nivelado. Para el pre montaje del rotor en el suelo se debe disponer de una superficie de terreno llano y con base, sin vegetación prominente, que según la orografía del terreno puede exigir obra civil. Debido a la altura de las torres y los pesos a soportar, nos vemos obligados a trabajar con grúas de celosías. Esto implica que debemos tener un espacio en recto, da igual la dirección, para el montaje de todos los tramos de la celosía con una grúa auxiliar y que esta pueda trabajar junta a la pluma, a ser posible junto al camino de acceso para aprovechar este para la grúa auxiliar. La longitud de este tramo dependerá de las alturas de las torres. La compactación de las plataformas es tan importante como la de los viales. La grúa rara vez se coloca correctamente a la primera maniobra y si no está bien compactada se hundirá. Además esta plataforma debe ser capaz

de soportar un peso mínimo total de 500 toneladas, que es el peso de la grúa con sus contrapesos. En todas las plataformas, hay que habilitar un espacio para el acopio de material. Este espacio tendrá que estar alrededor de la plataforma de la grúa. Esta superficie tiene que ser llana y con la superficie compactada y consistirá en bandas de 5 m. de anchura alrededor de la plataforma y la cimentación. Si se aprovecha parte del vial como parte de la plataforma, debe dejar sitio para el pasa de transportes especiales. La cota de la plataforma nunca debe de ser inferior a la cota de la virola de cimentación. Las grúas del mercado existentes no van sobradas de longitud de pluma. Si la cota de la plataforma es superior a la cota de la virola, eso favorece el montaje, siempre y cuando no sea excesiva.

La porción del terreno situada entre el final de la plataforma y la virola de cimentación deberá estar llana para permitir que otras grúas más pequeñas puedan realizar labores de montaje, si bien no se requiere el grado de compactación de la propia plataforma.

Habitualmente la grúa de 500 toneladas se posiciona en la plataforma, el tubo se estaciona paralelamente a ella y la grúa de retención en la trasera al tubo. El propio vial se puede utilizar como apoyo al montaje.

Cuando la instalación de los aerogeneradores y el resto de elementos esta ya concluida, se procede a la recuperación de zonas afectadas, reponiendo la tierra vegetal y procediendo a una siembra de especies vegetales que se adecuen a esa zona.

En la fase de funcionamiento, todos los viales existentes se utilizan únicamente para el acceso de los servicio de mantenimiento y vigilancia ambiental.

Por lo tanto, el **área** que hay que despejar será:

$$20*25*(n^{\circ} \text{ aerogeneradores})=20*25*27=13.500 \text{ m}^2$$

CIMENTACIÓN

El diseño de la cimentación de un aerogenerador es principalmente función de sus dimensiones y características geotécnicas del terreno. El concepto de cimentación que más se utiliza es el de una zapata aislada de unos 10-15 m. de lado y 1-2 m. de canto. La comprobación crítica es la de vuelco. Además hay que comprobar que no se superan las tensiones máximas admisibles en el terreno. También requiere especial cuidado el diseño de detalle de la unión entre la virola de la base de la torre y la cimentación, debiendo asegurarse una buena transmisión de los esfuerzos de la camisa de la virola hasta las parrillas de armadura. Cuando la capacidad resistente del terreno es muy baja se debe realizar una cimentación pilotada.



Cimentación aerogeneradores

La cimentación se hace con hormigón. En primer lugar se debe hacer un agujero en el suelo. Se echa una capa de aproximadamente 10cm. de espesor de hormigón h200, denominado hormigón de limpieza, que sirve para no manchar el enrejado y para tener una nivelación del terreno perfecta. Después se dispone de la parrilla inferior, y se colocan una serie de placas de mármol para que el enrejado apoye perfectamente y este un poco levantado. Se introduce el enrejado de hierro y se vierte el hormigón h300 o superior.

El próximo paso es la colocación de la virola para nivelar apoyamos en tres patas en la plataforma inferior y otros tres puntos de apoyo para la correcta nivelación. Una vez vertido el hormigón se coloca la placa superior de acero.

Una vez llegados a este punto comienza la instalación de los cables de puesta a tierra y el drenaje de la plataforma.

El cable de puesta a tierra es conducido de un aerogenerador a otro. Este cable evita que las pérdidas de corriente o las derivaciones no controladas puedan herir a alguien o estropear algo. Los cables de cobre van metidos en unos tubos de plástico corrugado.

El drenaje de la instalación es simplemente dejar un tubo abierto dentro de la cimentación y el otro extremo a tierra.

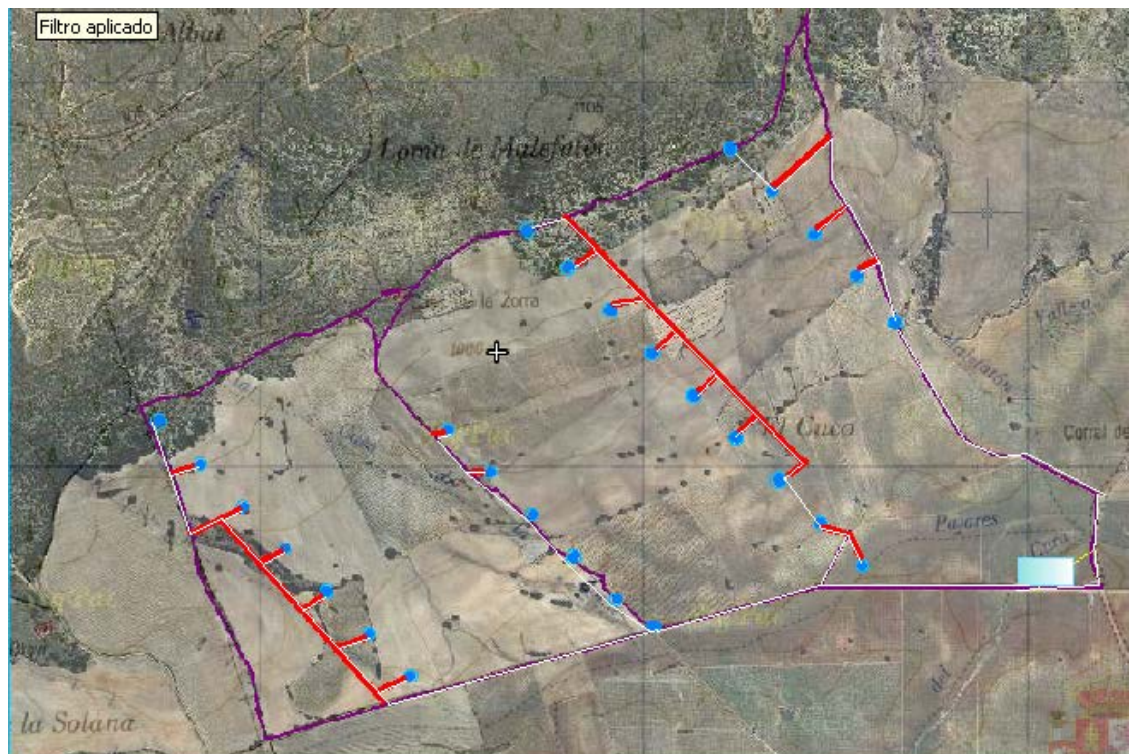
1.2.5. Obra eléctrica

La red eléctrica instalada en el interior del parque tiene una tensión de 20kV. Cada aerogenerador de 0,85 MW cuenta, en la base de la torre, con un transformador que eleva su tensión a 20kV para facilitar su transporte y evitar pérdidas de carga por efecto Jules.

Dentro de cada aerogenerador, y en la base de los mismos, se encuentra un armario denominado *ground control*, un pequeño centro de control de cada uno de ellos. En el mismo se encuentra el cableado que baja desde lo alto de la torre. Desde aquí es posible regular el funcionamiento del aerogenerador, controlando paradas o puestas en marcha después de haber efectuado una detención, sin necesidad de subir a lo alto de la torre y efectuar las operaciones manualmente.

Todos los aerogeneradores de una hilera están conectados entre sí, de forma que el fallo en uno de ellos no implica la consecuente inutilización de la línea y la no llegada de potencial eléctrico de esa línea de aerogeneradores.

El cableado del parque lo representamos en la siguiente imagen en trazos blancos:



Todo el cableado converge en la subestación eléctrica, que se encuentra representada por un rectángulo. El cableado va enterrado en una zanja de 1 metro de profundidad y 0,8 metros de ancho. Hay que tener en cuenta que hay tres cables, ya que la corriente fluye en trifásica.

En la zanja encontraremos:

- Un material de excavación de 0,4 metros de profundidad. Este material de excavación serán arenas extraídas de la misma apertura de la zanja.

- Cinta de riesgo eléctrico entre medias de este material de excavación y el siguiente estrato de material. Esta cinta representa una advertencia sobre la cercanía de cableado de media tensión.
- Una capa de 0,4 metros de arenas seleccionadas, con una granulometría determinada que favorece el aislamiento del mismo.
- Placa de protección laminada sobre cada cable de nuestra red trifásica.
- A una distancia de 0,1 metros de la placa de protección se encuentra el cableado que comunica nuestros aerogeneradores y hace posible el transporte de la electricidad.
- Cable de puesta a tierra, enterrado también en una capa de material seleccionado de 0,1 metros de profundidad.

Una vez que el cableado llega a la subestación se eleva la tensión a 132kV y se une a la red eléctrica.

1.3. Estudio económico

Índice General

1.3.1. Inversión

1.3.2. Financiación

1.3.3. Operación y mantenimiento

1.3.4. Condiciones del préstamo

1.3.5. Vida útil

1.3.7. Amortización

1.3.8. Criterios de rentabilidad

En este apartado se introducen todos los estudios dedicados a justificar la realización del proyecto: viabilidad, rentabilidad, fiabilidad y el interés económico del mismo.

1.3.1. Inversión

El presupuesto total de la inversión material es de 18.822.738 €. La partida más importante corresponde al valor de los aerogeneradores (13.959.000 €), que significa un 74,16% del total. La segunda partida más importante corresponde al sistema eléctrico de alta y media tensión (1.337.223 €). Mientras que la obra civil representa un 4,8%.

El resto de la inversión corresponde a gastos de ingeniería, dirección de obra, licencia de obra y tramitaciones. El presupuesto de inversión material del proyecto no contempla ninguna partida correspondiente a intereses intercalarios.

El contrato entre el promotor y el contratista llave en mano prevé un precio fijo sin revisión desde el lanzamiento del proyecto hasta su puesta en operación comercial, por lo tanto los posibles incrementos de las partidas del presupuesto durante el desarrollo del proyecto serán absorbidos por el contratista llave en mano.

Así mismo, el contrato entre el promotor y el llavenmanista no prevé ninguna fórmula de ajuste de precios por variación del *performance* técnico de los aerogeneradores (curva de potencia, potencia máxima, nivel de ruido, etc.).

1.3.2. Financiación

La estructura financiera de este proyecto se compondrá en un 30% de recursos propios aportados por los accionistas de la sociedad promotora, y el 70% restante corresponde a un préstamo a largo plazo a 10 años.

La financiación del circulante (por ejemplo; I.V.A., gastos generales, etc.) se realizara con un préstamo a corto plazo.

El tipo de interés del préstamo a largo plazo estará referenciado al Euribor más un *spread* de 200 puntos básicos (2.00%) revisable a los 5 años de su concesión en función de la evolución económica del proyecto y de la situación de los mercados financieros.

1.3.3. Operación y mantenimiento

Contrato con el fabricante de aerogeneradores

La operación y mantenimiento del parque será gestionada por el fabricante de los aerogeneradores a través de un contrato a largo plazo con el promotor y propietario del proyecto que satisfará un precio compuesto de una parte fija cifrada en 20.210 Euros/MW-año y una cuota variable de 10,50 euros/MW-h.

Estas cuotas fijas y variables se revisaran a razón de un 5% anual.

Cánones de propietarios

Los acuerdos firmados con los propietarios de los terrenos suponen un coste anual equivalente al 3,20% de la facturación total por venta de energía.

1.3.4. Condiciones del préstamo

El tipo de interés nominal del préstamo a largo plazo (a 10 años) será considerado del 5% en el plan de negocios, al haber estimado un valor medio del Euribor del 3% durante la vida del préstamo. La amortización del préstamo se hará el 31 de diciembre de cada año.

1.3.5. Vida útil

La vida útil considerada para los cálculos del plan de negocios ha sido de 20 años, realizado los planes de mantenimiento recomendados por el fabricante y teniendo en cuenta las condiciones del entorno donde se encuentra ubicado el parque.

1.3.7. Amortización

El criterio de amortización utilizado de la inversión total inicial (incluido interés intercalarios) y compatible con la legislación fiscal vigente será el criterio lineal con cuota de amortización constante durante los 20 años de vida útil del proyecto.

1.3.8. Criterios de rentabilidad

Para el análisis de rentabilidad de la inversión se emplean los siguientes parámetros:

- Valor actual neto (VAN)
- La tasa interna de retorno (TIR)
- Periodo de retorno

El VAN expresa los flujos de caja que una inversión producirá en valor presente. Para el cálculo de este valor se descuentan para estos flujos de la denominada tasa de descuento y posteriormente, dicho valor actualizado neto se compara con el importe inicial de la inversión en el análisis de rentabilidad de la inversión.

El valor actual neto viene dado por la expresión:

$$VAN = -A + [FCL_1 / (1+r)^1] + [FCL_2 / (1+r)^2] + \dots + [FCL_n / (1+r)^n]$$

A: inversión inicial.

FCL_m: flujo de caja libre en el año m.

N: número de años.

R: tasa de descuento expresada en tanto por uno.

Si se tiene que el valor de VAN es mayor que cero, la inversión será rentable. En caso contrario, dicha inversión carecerá de interés económico. A mayor valor actualizado neto, mayor rentabilidad de la inversión; pudiéndose comparar de este modo diferentes opciones de la inversión posible.

Este valor permite conocer el valor que tendrá la inversión en el futuro expresado en relación al valor del dinero a día de hoy.

El TIR se define como aquella tasa de descuento o tipo de interés que hace que el valor actualizado neto valga cero.

Por último, el periodo de retorno es el tiempo, expresado en años, que es requerido para la recuperación de la inversión inicial de los flujos de caja generados. Se considera recuperada la inversión cuando la suma de los flujos de caja de años consecutivos a contar desde el origen iguale o supere el montante de la inversión inicial.

Una vez analizada las variables que intervienen en la viabilidad de un proyecto, presentamos una tabla con nuestro estudio de rentabilidad.

[illegible]

La tasa de descuento se ha calculado tomando el coste medio ponderado del capital total invertido. Como hemos dicho anteriormente este proyecto tiene un apalancamiento financiero del 70% (13.175.916,6 €) con recurso a deuda bancaria con un coste del 5% y un 30% de recursos propios con un coste del 8,3%.

Las conclusiones que podemos sacar sobre la rentabilidad económica de este proyecto teniendo en cuenta el valor del VAN positivo, una tasa de rentabilidad del 7% superior al coste del capital y la previsible estabilidad de los flujos de caja (tarifa regulada, tecnología madura y contrato O&M a largo plazo), inducen a tomar una decisión positiva de invertir en este proyecto.

| | | |
|--|--|-------------------|
| Obra Civil | | 904.021 |
| | | |
| Sistema Eléctrico | | 1.337.223 |
| | | |
| Total Ejecución Material | | 2.241.244 |
| | | |
| Aerogeneradores | | 13.959.000 |
| | | |
| Total Ejecución | | 16.200.244 |
| | | |
| Seguridad y Salud | | 21.250 |
| | | |
| Ingeniería, Dirección de Obra y Control de Calidad | | 240.000 |
| | | |
| Licencia y Permisos | | 120.000 |
| | | |
| | | |
| PRESUPUESTO TOTAL | | 18.822.738 |

Tabla con el desglose del presupuesto total

Asciende el presupuesto total a la expresada cantidad de **dieciocho millones ochocientos veintidós mil setecientos treintaiocho, I.V.A. excluido.**

Madrid, 28 de Octubre de 2014

Fdo.: Eugenia Galindo Bustelo

1.4. Anexos

Índice General

1.4.1. Atlas de vientos

1.4.2. Condiciones meteorológicas Península Ibérica

1.4.3. Características técnicas del aerogenerador

1.4.4. Codificación de los planos

1.4.1. Atlas de vientos

La circulación atmosférica de los vientos que barren el planeta viene determinada, principalmente, por la diferencia constante de temperatura que existe entre el ecuador y los polos, por la rotación de la Tierra y por la presencia o no de masas continentales.

La atmósfera es un fluido, por lo que existe una circulación convectiva de distribución del calor, desde el ecuador a los polos. La Tierra gira de Oeste a Este, en sentido contrario a las agujas del reloj. Debido a las fuerzas de Coriolis, cualquier fluido que se desplaza horizontalmente sobre la superficie del planeta tiende a desviarse, hacia la derecha en el hemisferio Norte y hacia la izquierda en el hemisferio Sur.

La complejidad del Atlas de Vientos se acentúa con la existencia de las denominadas células convectivas y con las anomalías regionales; pero simplificando cabe afirmar que, en las capas bajas de la atmósfera, las direcciones o componentes de los vientos se agrupan conforme a tres zonas en cada hemisferio, dependiendo de la latitud.

En las zonas tropicales y subtropicales, en torno al ecuador y hasta aproximadamente los 40 grados de latitud, predominan los vientos alisios, conocidos como 'vientos del Este', y contraalisios, que fluyen en sentido contrario en las capas superiores de la atmósfera.

En las zonas templadas de ambos hemisferios, desde los 40 grados hasta una latitud de casi 80 grados, más allá de los círculos polares, el sentido predominante de los vientos es justo el contrario: soplan hacia el Este procedentes del Oeste durante la mayor parte del año, por lo que ambas zonas son conocidas como 'cinturones del Oeste'. Su

intensidad máxima, en el hemisferio Norte, se alcanza en enero y febrero, mientras que en el hemisferio Sur corresponde a julio y agosto.

Por último, en las proximidades de ambos polos vuelve a invertirse la componente predominante de los vientos de superficie.

Debido a la difícil orografía de todas nuestras costas, y por supuestos, por estar bañadas por dos mares absolutamente distintos (Mediterráneo y Atlántico), es muy difícil hacer una explicación global de los vientos predominantes.

Si situamos nuestra península en la esfera terrestre, vemos que está situada en una zona poco ventosa (por ejemplo, no está ni en zona de alisios ni de monzones), con vientos de velocidades medias que no superan los 50 km/h. (fuerza 6 Escala Beaufort), aunque en ocasiones los vientos racheados pueden llegar a 180 Km/h.(viento huracanado). Vamos a hacer una pequeña explicación de cada zona y los diferentes vientos que en ellas podemos sufrir o disfrutar.

ZONA DEL MEDITERRANEO:

- **Llevant:** Viento del Noreste (NE), se suele pasar de viento del suroeste con cielo despejado y agradables temperaturas a un noreste frío; se levanta en las zonas de la costa catalana y balear. Es un viento fresco y húmedo que levanta fuerte temporal de mar.

- **Levante:** Viento persistente algo húmedo y racheado que sopla del Este (E). Olas largas y altas sobre todo en el Mar de Alborán, y zona del estrecho de Gibraltar.
- **Leveche:** Viento del Este-Sudeste (E-SE) en las costas de Murcia y Alicante; es húmedo y produce una fuerte sensación de bochorno.
- **Tramontana:** Viento del Norte (N) frío y turbulentos, que puede soplar durante varios días. Es un viento muy racheado, con rachas de más de 30 o 40 nudos. Sopla en las costas catalanas y Baleares, siendo especialmente violento en el Ampurdán (Costa Brava Norte) y Menorca. Olas muy altas y cortas.
- **Mestral:** Viento racheado del Noroeste (NO) que sopla en el Golfo de León y zona del Delta del Ebro, levantado, al igual que la tramontana, fuerte temporal de mar de olas altas y cortas.
- **Garbí:** Brisa de mar bastante regular del Sud (S) o Sudoeste (SO), que sopla en la costa catalana y valenciana. Se levanta de manera muy rápida sobre todo al ir calentando el sol.
- **Xaloc:** Viento del Sudeste (SE) cálido y húmedo. Sopla en toda la costa Mediterránea, especialmente en las costas de Levante, Murcia y Baleares

ZONA DEL ATLANTICO:

- **Galerna:** Vientos de superficie brusco y acusado del Sudoeste (SO) o Noroeste (NO) indistintamente, que sopla en la Costa Cantábrica y el Golfo de Vizcaya.
- **Poniente:** Viento del Oeste (O) que entra por la costa portuguesa hacia el interior de la península. Este viento arrastra a las borrascas atlánticas, que afectan a toda la costa portuguesa, Galicia y cornisa cantábrica.
- **Vendaval:** Viento del Sudeste (SE) racheado y algo húmedo, muy frecuente en primavera y otoño, que se produce en el Golfo de Cádiz y el valle del Guadalquivir cuando se acercan borrascas fuertes por las costas portuguesas.
- **Matacabras:** Viento algo húmedo y racheado que sopla del Este (E) en el Golfo de Cádiz. Es un viento muy local.

ZONAS INTERIORES:

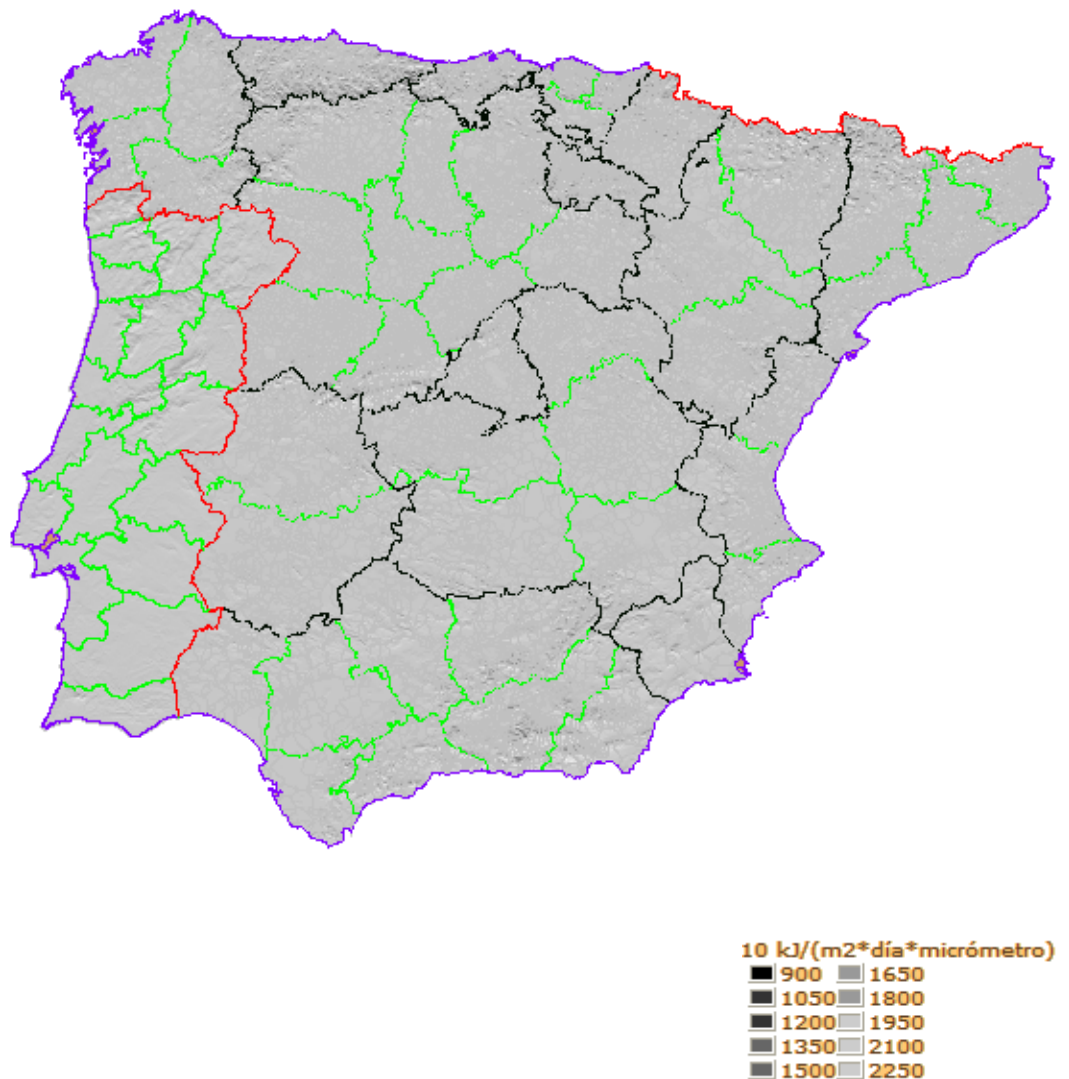
A continuación nombraremos diferentes vientos que son habituales en las zonas interiores de la península pues, no sólo en las zonas marítimas sopla el viento.

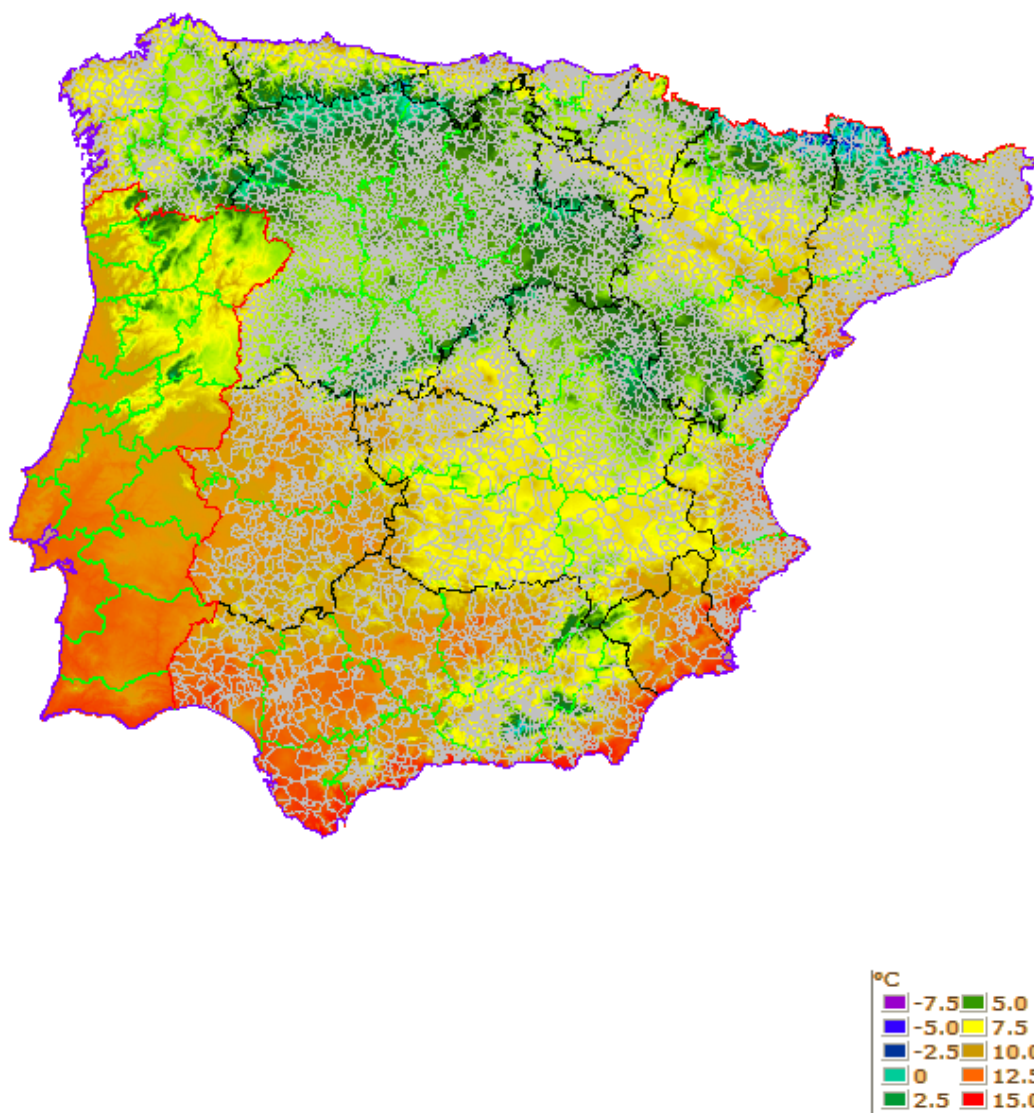
- **Abrego:** Viento templado y húmedo del Sudoeste (SO) que sopla en Andalucía, Castilla-León, Castilla –La Mancha y Extremadura.
- **Solano:** Viento terral generalmente del Este (E) provocado por la radiación solar en verano. Sopla en Extremadura y Castilla –La Mancha.
- **Bochorno:** Viento húmedo del Sudeste (SE) que sopla en el Valle del Ebro.
- **Cierzo:** Viento frío y seco del Noroeste (NO) que barre el Valle del Ebro y los Monegros.

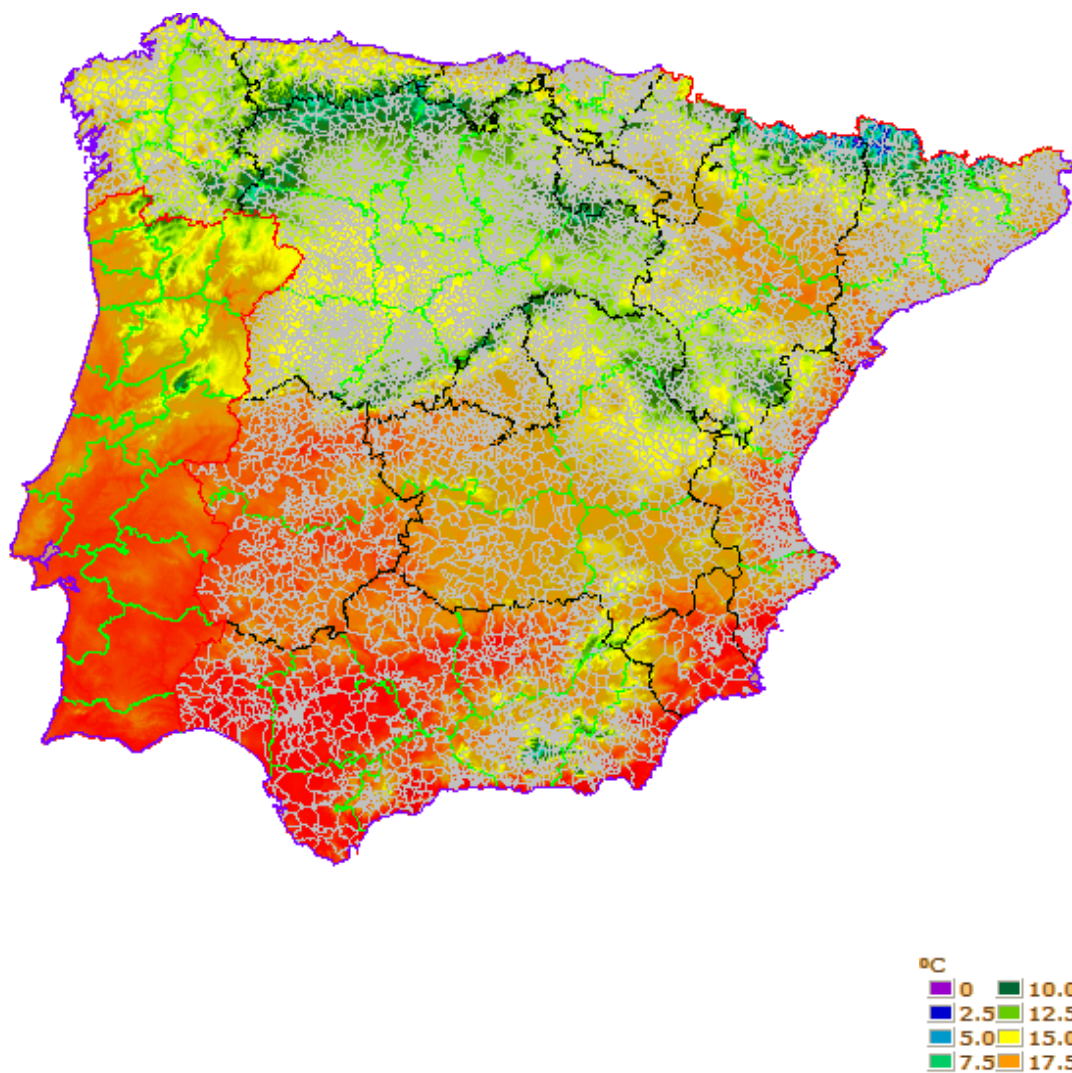
- **Moncayo:** Viento frío y seco del Noroeste (NO) de la zona del Moncayo.
- **Galleo:** Viento frío y racheado del Noroeste (NO) en el valle del Duero, que sopla muy a menudo.

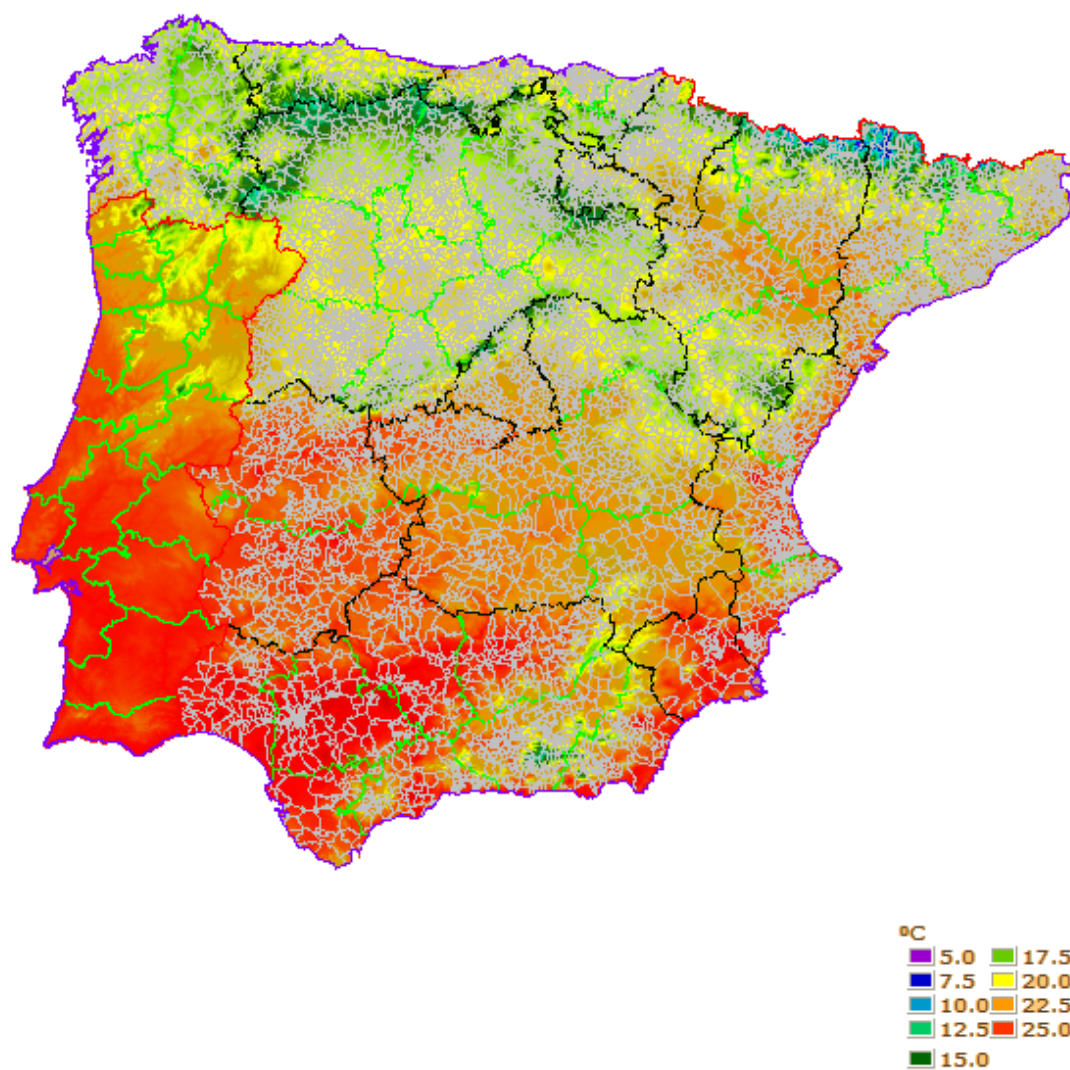
1.4.2. Condiciones meteorológicas Península Ibérica

RADIACION SOLAR

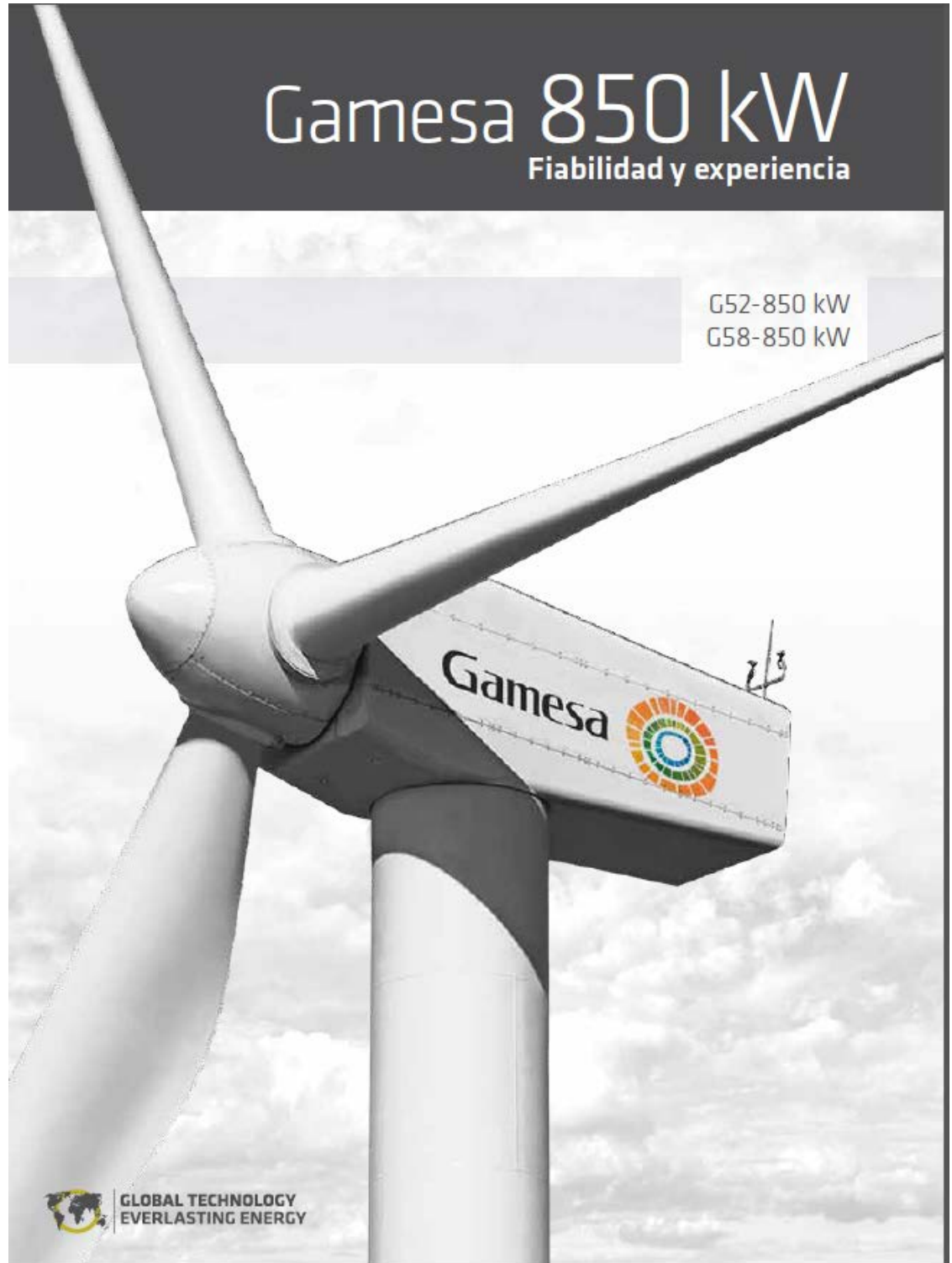


TEMPERATURA MINIMA

TEMPERATURA MEDIA

TEMPERATURA MAXIMA

1.4.3. Características técnicas del aerogenerador



INDEX

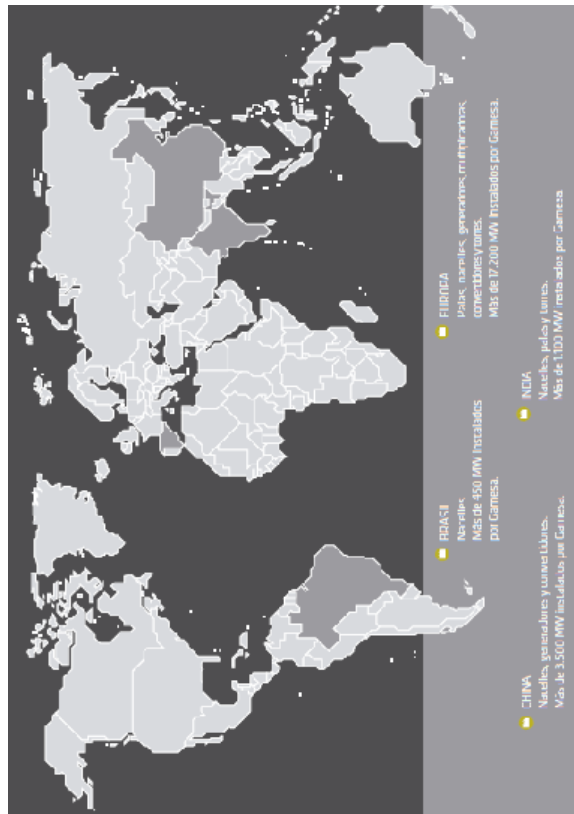
- p. 3 Progreso económico y desarrollo sostenible.
- p. 4 Experiencia global.
- p. 5 Capacidad global de producción, instalación y operación y mantenimiento.
- p. 6 Descubriendo Gamesa 850 kW:
 - ▶ Experiencia.
 - ▶ Adaptabilidad.
 - ▶ Ventajas de la plataforma Gamesa 850 kW.
 - ▶ Características técnicas.

Progreso económico & Desarrollo sostenible

Este es el gran reto al que se enfrenta la sociedad actual: dentro de la gestión y generación de energía la empresa afronta este desafío desarrollando tecnologías que contribuyen a la sostenibilidad energética de manera limpia, eficiente y rentable.

La aplicación de las mejores y más modernas tecnologías, unida a un alto potencial industrial, permite a Gamesa seguir mejorando la eficiencia y la calidad de sus productos y servicios, diseñando y fabricando aerogeneradores cada vez más avanzados.

El objetivo de su actividad consiste en garantizar la completa satisfacción de sus clientes; trabajando en el desarrollo de las más eficientes tecnologías; productos y servicios, convirtiéndolo así en la mejor alternativa en la más competitiva del mercado.



Capacidad global de producción, instalación y operación y mantenimiento

Lamesa es una empresa especializada en tecnologías para la sostenibilidad energética, principalmente la eólica, y uno de los líderes más importantes en fabricación de aerogeneradores durante el período de mantenimiento.

El primer paso es definir la gama de componentes del proceso, desde el diseño, la fabricación y el ensamblaje, hasta su operación y mantenimiento. Los componentes de la gama de componentes se clasifican en tres tipos: *PR* (*Primeros*), *PR* (*Primeros*) y *PR* (*Primeros*). Los *PR* (*Primeros*) son los componentes que se utilizan en la fabricación de los componentes de la gama de componentes. Los *PR* (*Primeros*) son los componentes que se utilizan en la fabricación de los componentes de la gama de componentes. Los *PR* (*Primeros*) son los componentes que se utilizan en la fabricación de los componentes de la gama de componentes.

Carreisa atiende las necesidades de sus clientes localizados en los cinco continentes ofreciendo los más altos estándares de calidad y los más cortos plazos de respuesta.

* Datos a 31 Dic. 2013



© 2013 Pearson Education, Inc. All rights reserved.



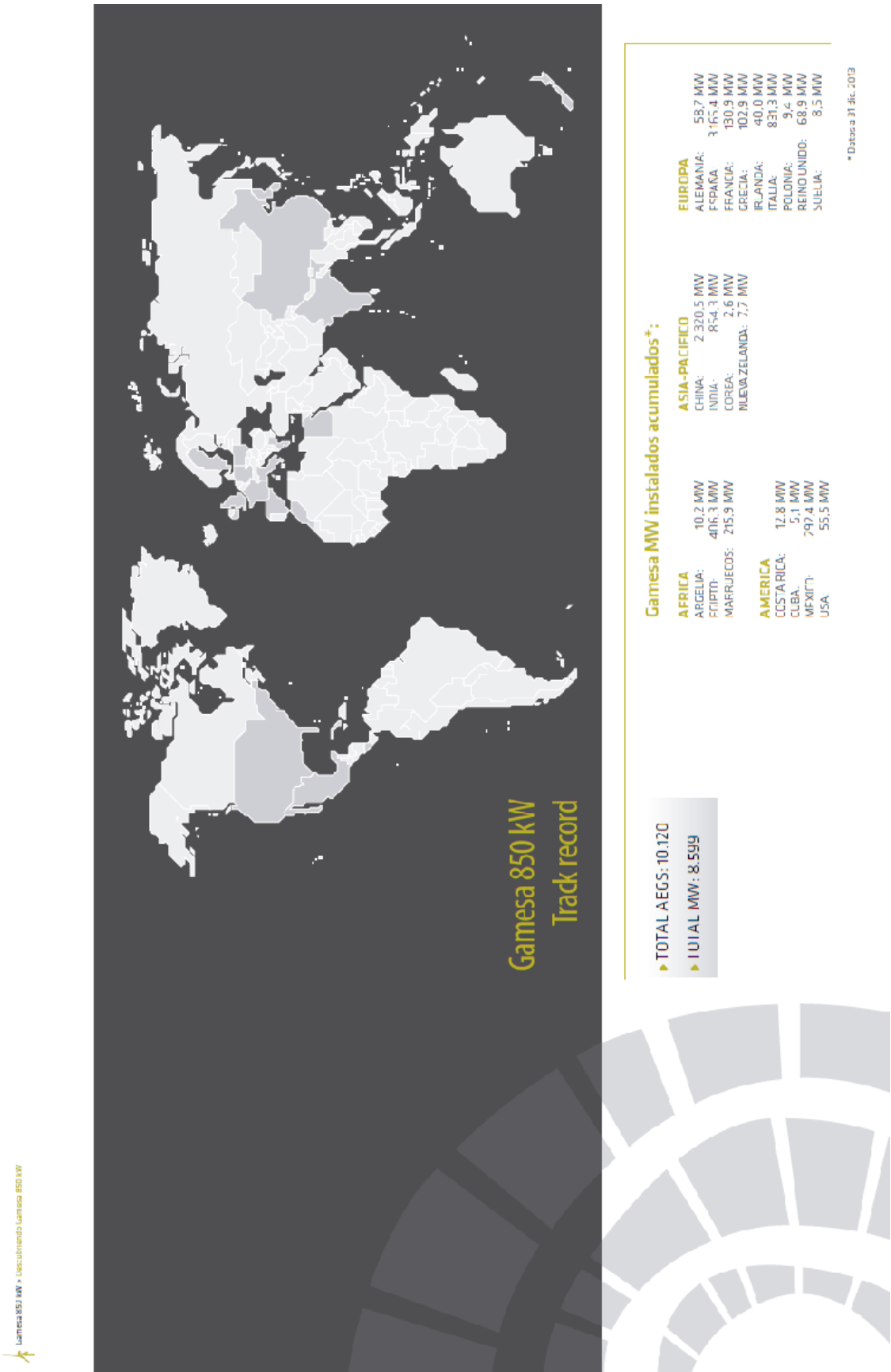
Descubriendo Gamesa 850 kW

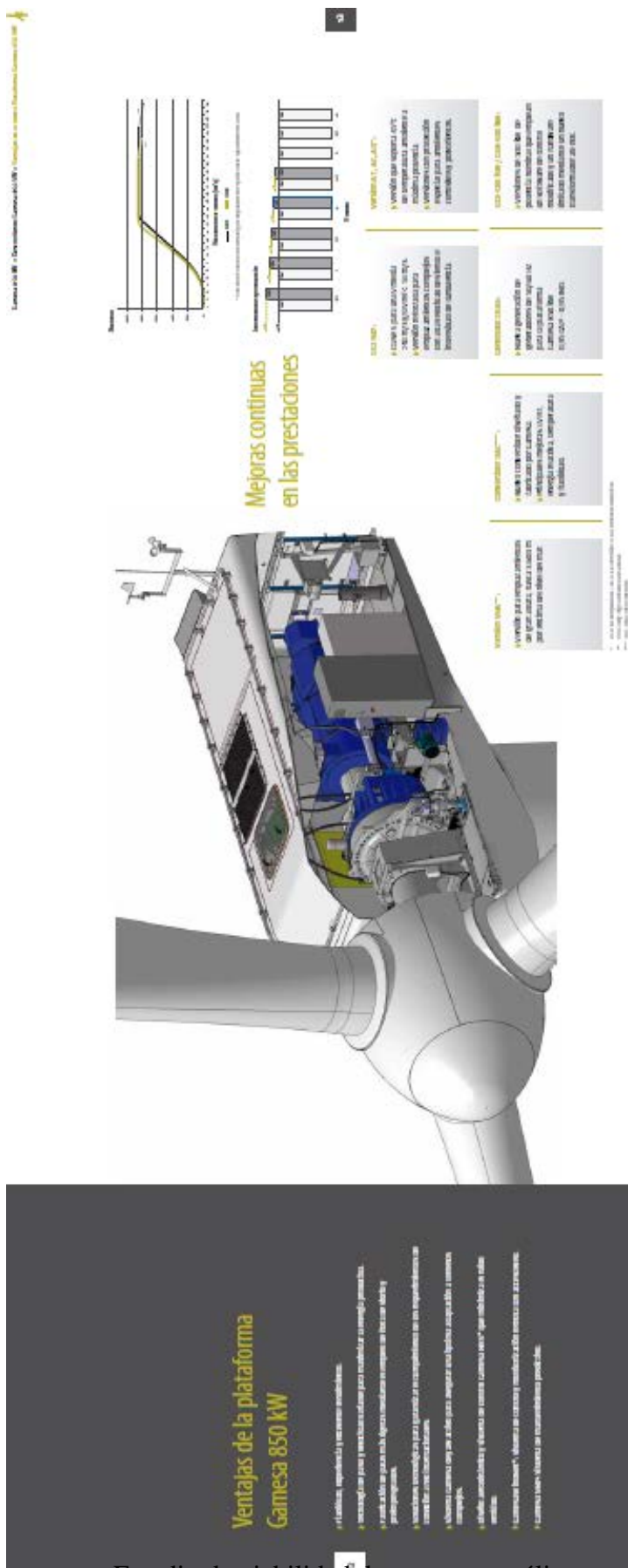
La plataforma Gamesa 850 kW basa su tecnología en el control de velocidad y paso variable. Incorpora a su vez las últimas tecnologías para extraer la máxima energía del viento con la mayor eficiencia.

- ▶ Fabricación de palas más ligeras, modernas y al mismo tiempo de fibra de vidrio y preimpregnado.
- ▶ Sistema de control "Smart Gamesa Windtec".
- ▶ Mantenimiento periferico Gamesa SMP.
- ▶ Control de ruido Gamesa MRS.
- ▶ Soluciones para una óptima conexión a red.

| Modelo | GS2-850 kW | GS1-850 kW |
|--------------------------------|-----------------------|---|
| IEC | IEC | IEC / IIB |
| Potencia unitaria | 850 kW ⁽¹⁾ | 850 kW ⁽¹⁾ |
| Certificado tipo disponible | ✓ | ✓ |
| Altura de torre | 44, 55, 65 m | 44 ⁽²⁾ , 49, 55, 65, 74 ⁽³⁾ m |
| Conexión a red | ✓ | ✓ |
| Med. A m. / Dpc ⁽⁴⁾ | ✓ | ✓ |
| 50 Hz / 60 Hz | ✓ | ✓ |

(1) Altura máxima 75 m para el modelo GS2-850 kW y 70 m para el modelo GS1-850 kW.
(2) Dependiendo de la configuración de la torre.
(3) Dependiendo de la configuración de la torre.
(4) Dependiendo de la configuración de la torre.







GAMESA 850 kW Características técnicas y servicios

- Características técnicas:**
 - La capacidad de respuesta de la red eléctrica depende de la capacidad de respuesta de la red eléctrica. En general, la capacidad de respuesta de la red eléctrica es limitada, por lo que la capacidad de respuesta de la red eléctrica debe ser suficiente para soportar la capacidad de respuesta de la red eléctrica.
 - La capacidad de respuesta de la red eléctrica depende de la capacidad de respuesta de la red eléctrica. En general, la capacidad de respuesta de la red eléctrica es limitada, por lo que la capacidad de respuesta de la red eléctrica debe ser suficiente para soportar la capacidad de respuesta de la red eléctrica.
 - La capacidad de respuesta de la red eléctrica depende de la capacidad de respuesta de la red eléctrica. En general, la capacidad de respuesta de la red eléctrica es limitada, por lo que la capacidad de respuesta de la red eléctrica debe ser suficiente para soportar la capacidad de respuesta de la red eléctrica.
- Servicios:**
 - La capacidad de respuesta de la red eléctrica depende de la capacidad de respuesta de la red eléctrica. En general, la capacidad de respuesta de la red eléctrica es limitada, por lo que la capacidad de respuesta de la red eléctrica debe ser suficiente para soportar la capacidad de respuesta de la red eléctrica.
 - La capacidad de respuesta de la red eléctrica depende de la capacidad de respuesta de la red eléctrica. En general, la capacidad de respuesta de la red eléctrica es limitada, por lo que la capacidad de respuesta de la red eléctrica debe ser suficiente para soportar la capacidad de respuesta de la red eléctrica.
 - La capacidad de respuesta de la red eléctrica depende de la capacidad de respuesta de la red eléctrica. En general, la capacidad de respuesta de la red eléctrica es limitada, por lo que la capacidad de respuesta de la red eléctrica debe ser suficiente para soportar la capacidad de respuesta de la red eléctrica.



C/ Ciudad de la Innovación, 9-11
31621 Sarriena (España)
Tel: +34 948 771 000
Fax: +34 948 165 039
Info@gamesacorp.com
www.gamesacorp.com

ALEMANIA

Neuer Wall 10 / Jungfernstieg
20354 Hamburg
Tel: +49 40 822 15 30 - 48

AUSTRALIA

Level 39, 385 Bourke Street
Melbourne VIC 3000

BRASIL

Rua Hungria 1240, 3ªA
Jd. Europa, CEP 01455-000
São Paulo (SP)
Tel: +5511 3096 4444

CHINA

23/F, Tower 1,
Beijing Prosper Center No. 5
Guanghua Road,
Chaoyang District,
Pekin 100020
Tel: +86 10 5789 0899
Fax: +86 10 5761 1996

EGIPTO

3, Rd 218 Degla
11431 Maadi, El Cairo
Tel: +20 225 211 048
Fax: +20 225 211 282

ESTADOS UNIDOS

1150 Northbrook Drive
Trevose, PA 19053
Tel: +1 215 710 3100
Fax: +1 267 790 0453

FRANCIA

97 Allée Borodine - Cedex 3
69800 Saint Priest
Tel: +33 (0) 4 7279 49 39

GRECIA

9 Adrianou str,
11525 Neo Psychiko,
Atenas
Tel: +30 21067 48947
Fax: +30 21067 20167

INDIA

The Futura IT Park,
B-Block, 8th Floor
334, Rajiv Gandhi Salai
Sholinganallur,
Chennai - 600 119
Tel: +91 44 3924 2424
sales.india@gamesacorp.com

ITALIA

Via Pio Emanuelli 1
00143 Roma
Tel: +39 0645543650
Fax: +39 0645553974

MÉXICO

C/ Hamburg, n° 213, Planta 18,
Juárez (Reforma Centro)
06600, México D.F.
Tel: +52 55 5093 4637

POLONIA

Ul. Galickyczna 30A
80-299 Gdansk
Tel: +48 58 766 62 62
Fax: +48 58 766 62 99
poland.wind@gamesacorp.com

REINO UNIDO

10 Graycoat Place
London SW1P 1SB
Tel: +44 (0) 20 7960 6227

RUMANIA

169A Calea Floresca Street,
Building A, 4th Floor,
Office no 2068, Sector 1
014459 Bucarest
Tel: +40 318 21 24
Fax: +40 318 60 21 00

SUECIA, FINLANDIA Y NORUEGA

Solna Strandväg 78
171 54 Solna (Suecia)
Tel: +46 (0) 8 5052 00 00
Fax: +46 (0) 8 5052 10 10

TURQUÍA

Astoria, Büyükdere Cad. No. 127
Kule A, Kat:10
Esentepe, Estambul 34394
Tel: +90 212 340 76 00

Con el fin de causar el menor impacto medioambiental, este documento se ha impreso en papel certificado con un 50% de fibra reciclada (FSC), un 40% de fibra reciclada seleccionada pre-consumo y un 10% de fibra reciclada y desechos para consumo. Todas nuestras máquinas están en acción vegetales con un sistema certificado en cumplimiento orgánico validado (VOC 5). Queremos presentárselos en nuestros próximos talleres y eventos.


Si presentas este documento, no cobras, sus datos y/o modificaciones no son confiables por Gamesa Corporación Tecnológica, S.A. a efectos de presentar información y pueden ser modificados sin previo aviso. La instalación de este documento está protegida por derechos de propiedad intelectual e industrial, otorgados a Gamesa Corporación Tecnológica, S.A. Queda permitida la reproducción total o parcial sin ánimo.


Fuente: www.gamesa.com




1.4.4. Codificación de los planos

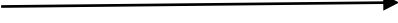
A la hora de codificar los planos hemos seguido las siguientes pautas. Las primeras siglas indican el tipo de diagrama del que se trata:

DC  Diagrama civil


DE  Diagrama eléctrico

Después de estas siglas se colocara un guion y tras este se indicara a que componente o componentes del parque eólico se refiere:

SB  Subestación


SJ  Sala de juntas

SC  Sala de control

AR  Aerogeneradores

Detrás de estas otras siglas se pondrá otro guion, solo si tenemos más de un plano con las mismas características anteriores, y tras el guion vendrá el número que le queremos colocar a cada plano.

Para la codificación de los mapas de localización geografía, carreteras y topográfico utilizaremos:

DG  Diagrama general

Que ira seguido de un guion y el número de diagrama

DOCUMENTO N°2, PLANOS

DOCUMENTO N° 2

PLANOS

ÍNDICE GENERAL

2.1 LISTA DE PLANOS

2.2 PLANOS

2.1. Lista de planos

LISTA DE PLANOS

PLANO N°1. – DE-SB-001, Planta y disposición de equipos de la subestación.

PLANO N°2. – DC-SB-001, Estructura mecánica cerramiento y cubierta de la subestación.

PLANO N°3.- DC-SB-002, Alzados de la subestación.

PLANO N°4.- DC-SB-003, Detalles de zapatas y cimentación de la subestación.

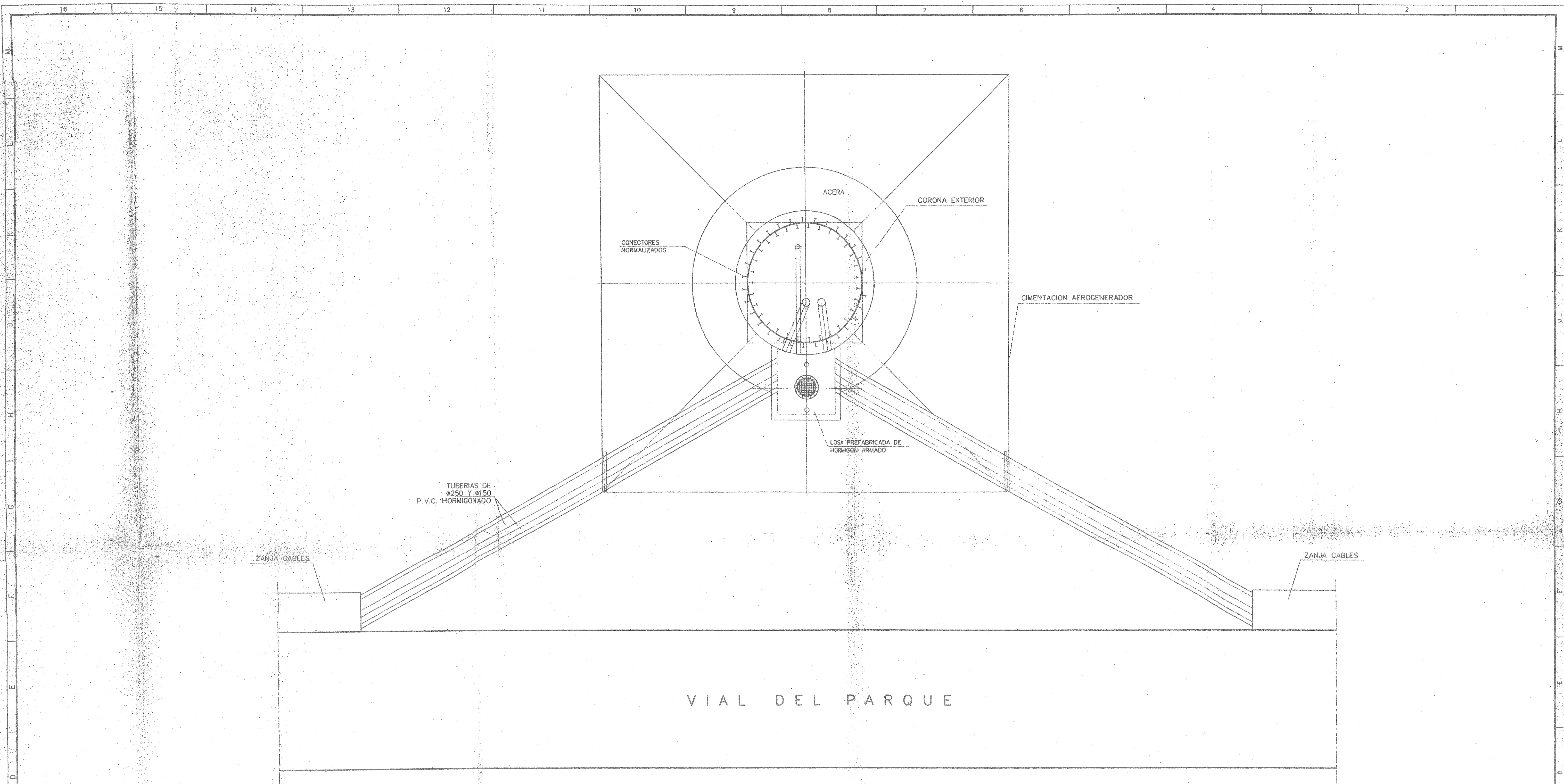
PLANO N° 5. – DE-SBAR, Diagrama unifilar de la subestación y aerogeneradores.

PLANO N°6 – DC-SJSC, Forjados de la sala de junta y de control.

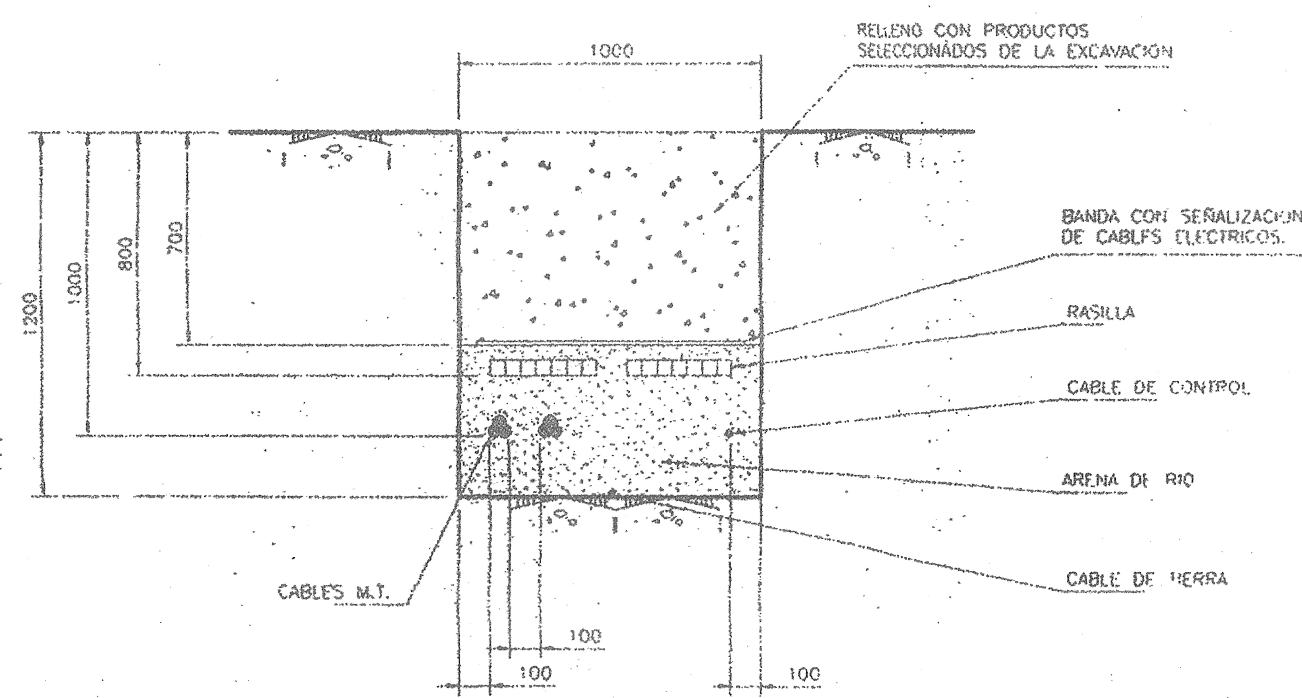
PLANO N° 7.- DC-AR-001, Detalles cimentación aerogeneradores.

PLANO N°8.- DC-AR-002, Zanja y canalización para cables.

2.2. Planos



PLANTA



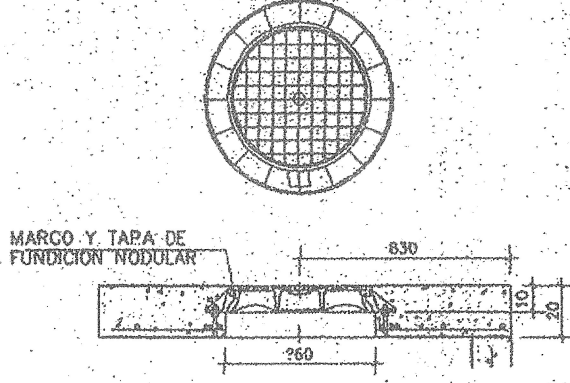
DETALLE ZANJA ENTERRADA PARA CABLES

SIN ESCALA

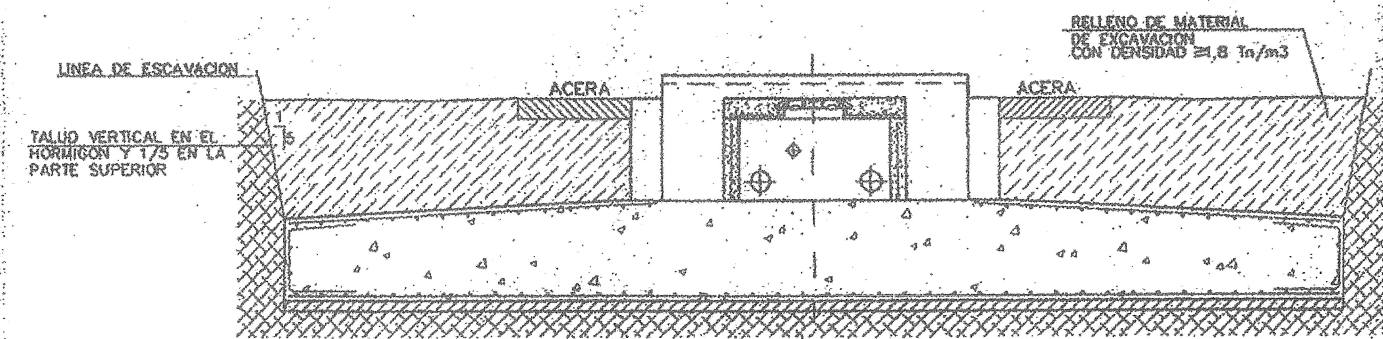
| | | | |
|-------------|----------|-------------------------|--|
| | Fecha | Nombre | UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID |
| Dibujado: | 20/08/14 | Eugenia Galindo | |
| Comprobado: | 25/09/14 | José Luis Rodríguez | Nombre del plano: Zanja y canalización para cableado |
| Escala: | S/E | Codificación: DC-AR-002 | |

DETALLE LOSA PREFABRICADA
ESCALA 1/20

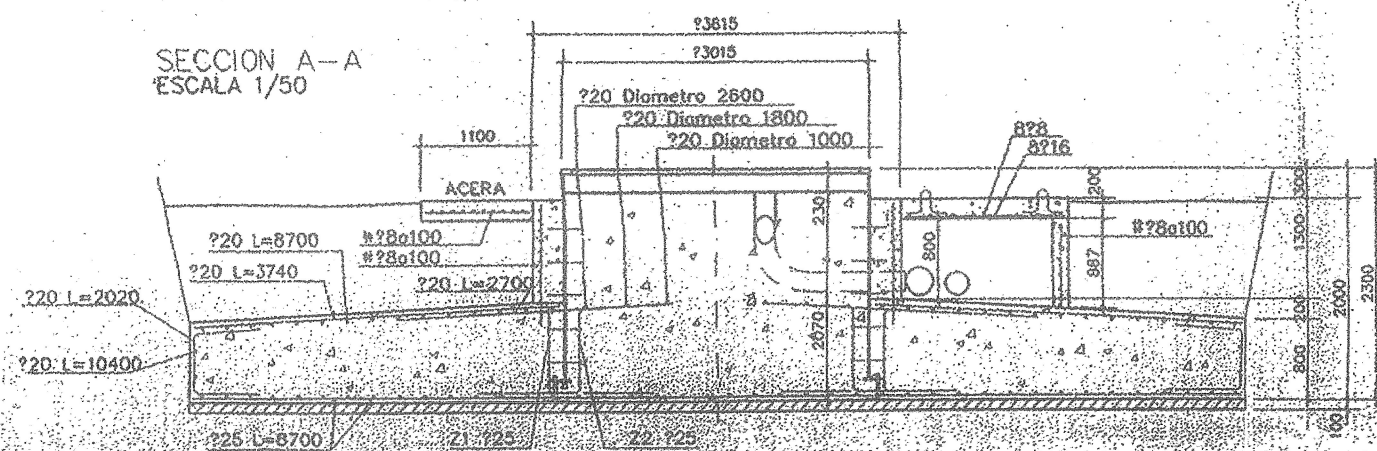
TAPA DE FUNDICIÓN NODULAR
CLASE D 400/UNE-EN-124



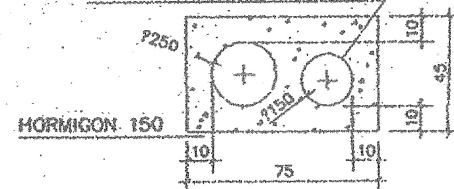
SECCION B-B
ESCALA 1/50



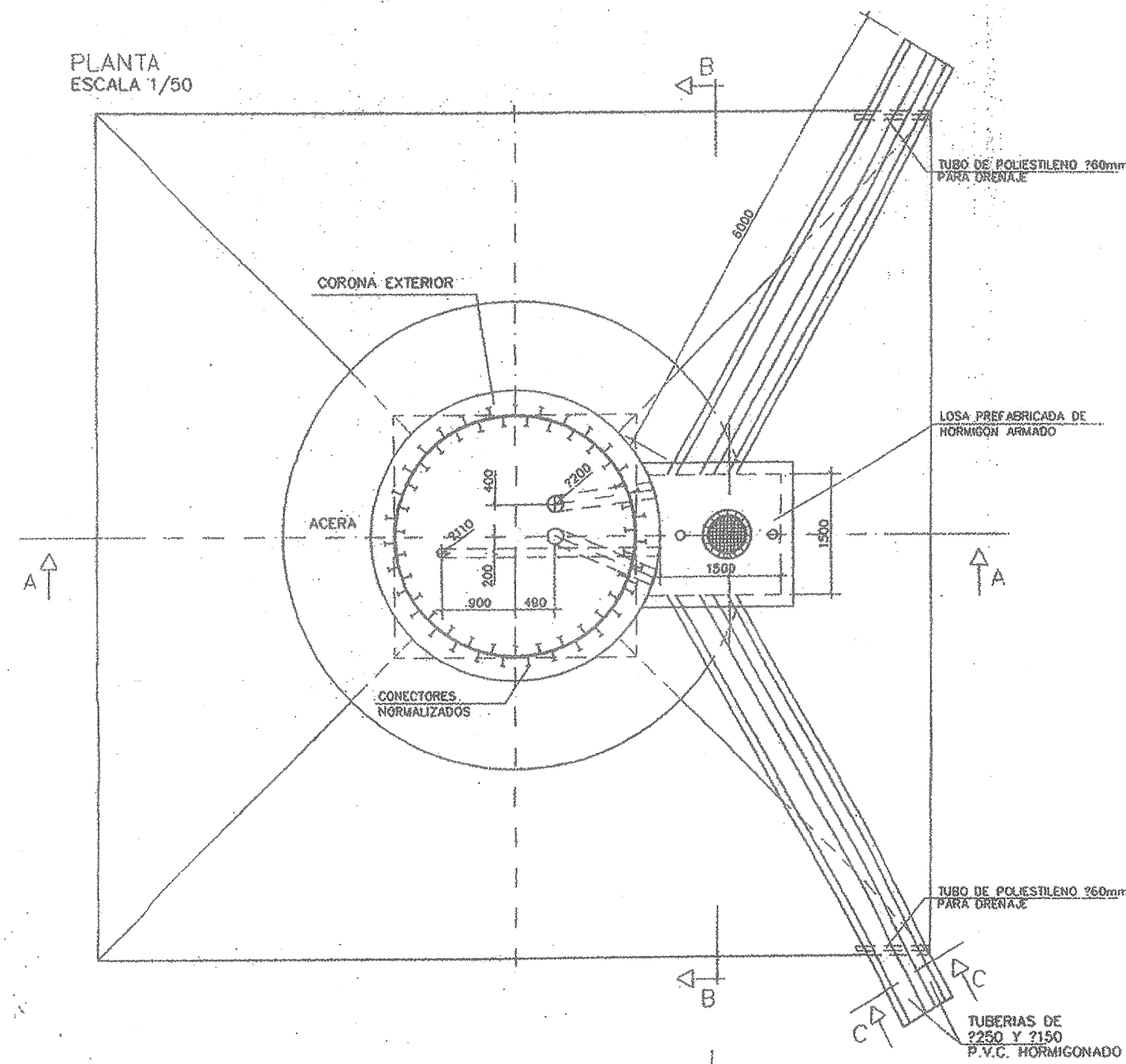
SECCION A-A
ESCALA 1/50



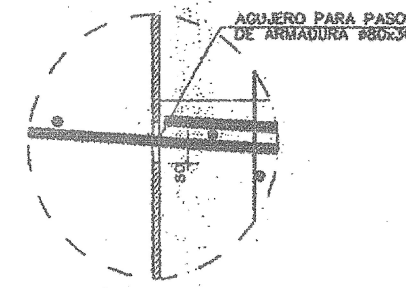
SECCION C-C
CANALIZACIÓN DE CONTROL



PLANTA
ESCALA 1/50

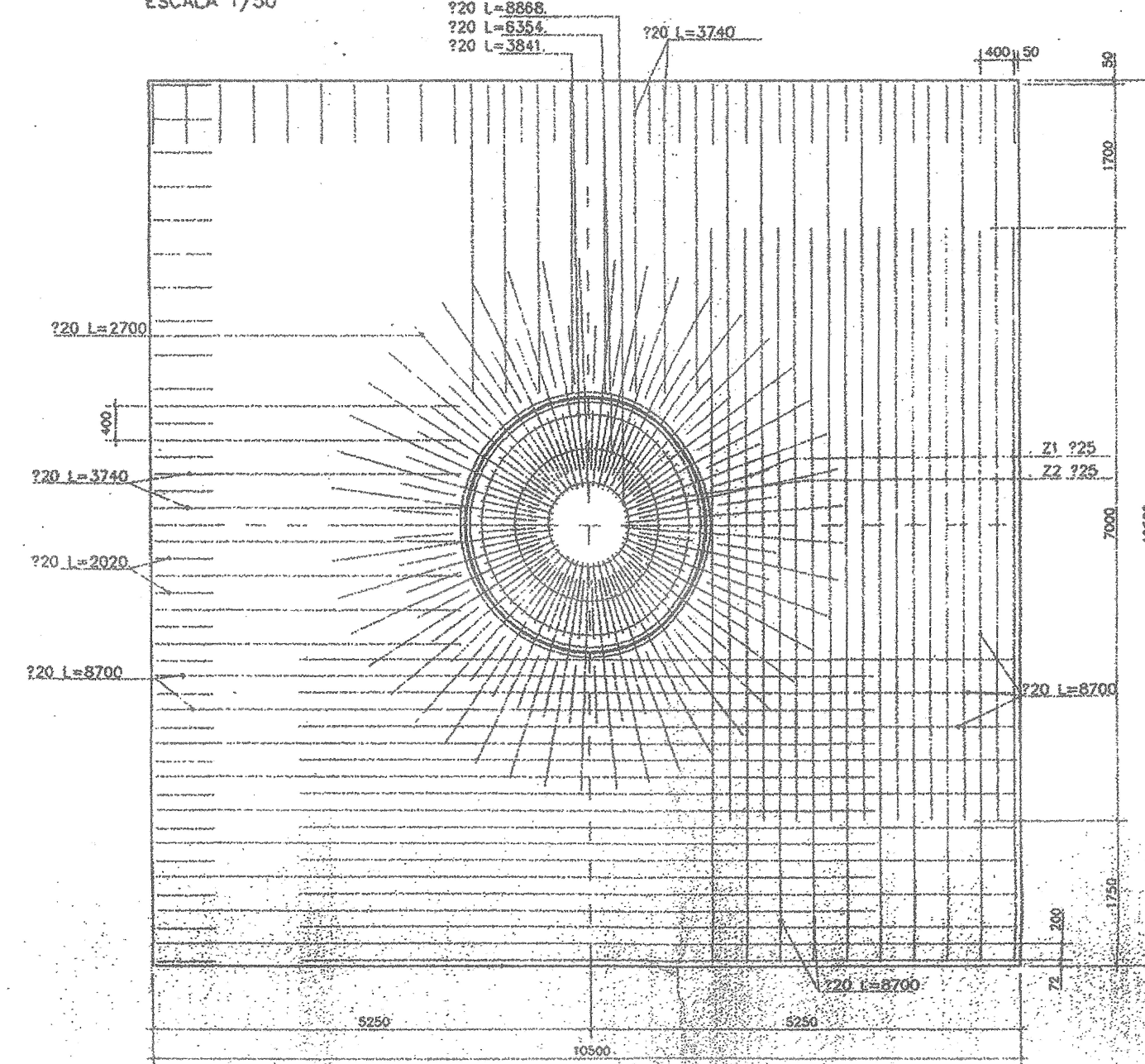


DETALLE-A

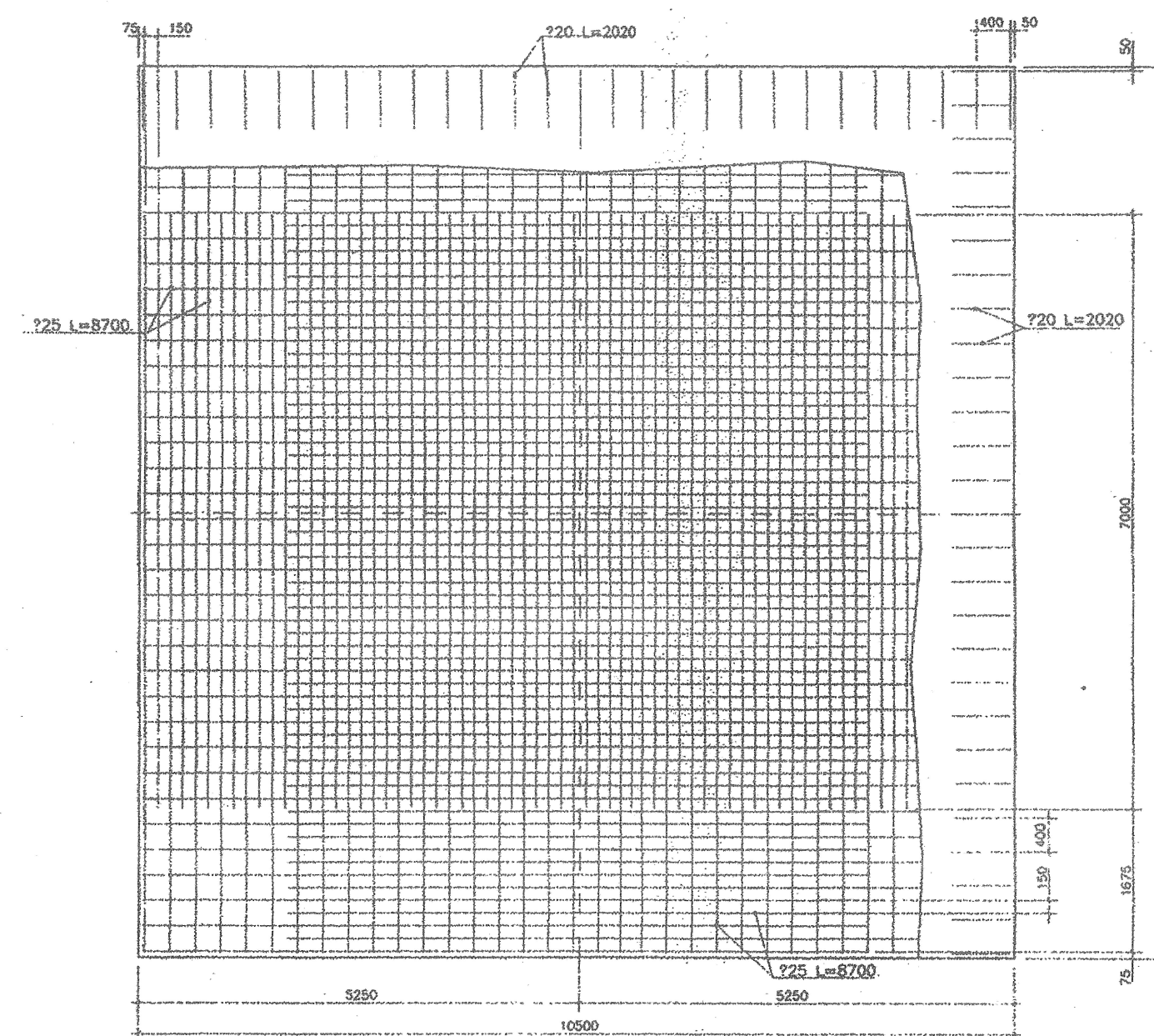


LA ARMADURA ES SIMETRICA RESPECTO A LOS EJES HORIZONTAL Y VERTICAL.
SE HA DIBUJADO DE MODO PARCIAL PARA SIMPLIFICAR EL DIBUJO

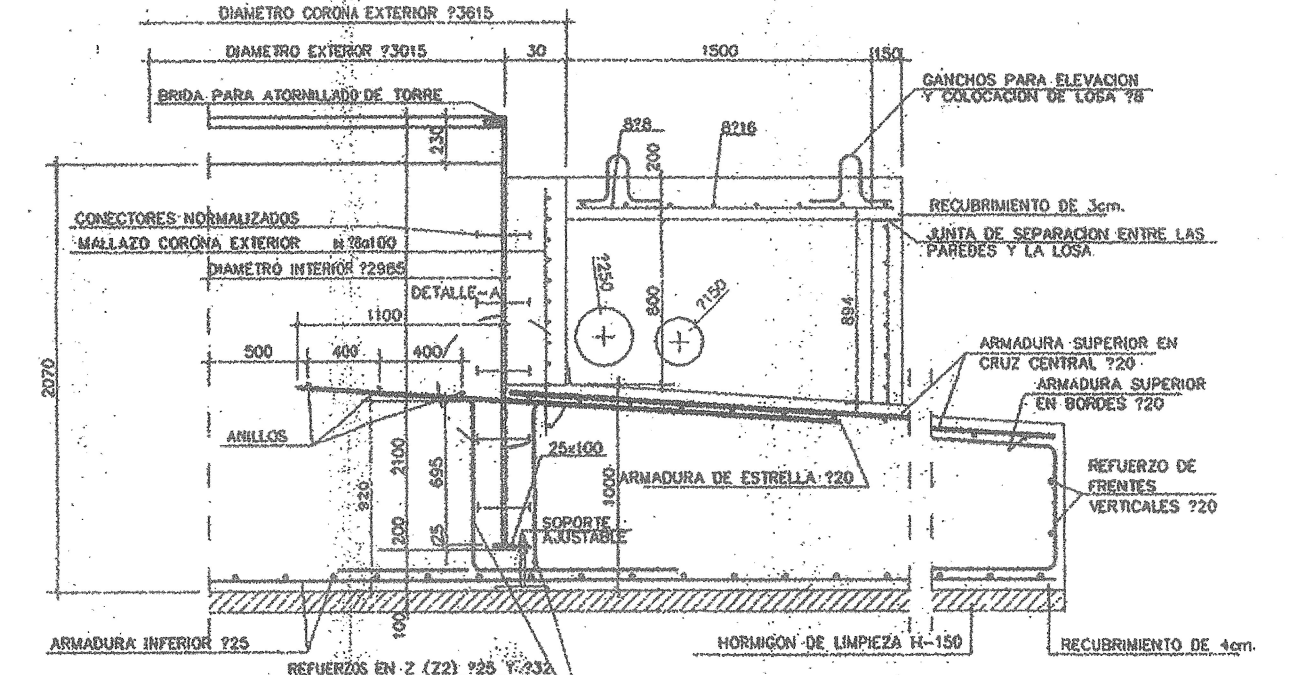
DISTRIBUCION ARMADURA SUPERIOR
ESCALA 1/30



DISTRIBUCION ARMADURA INFERIOR
ESCALA 1/50



DETALLE
ESCALA 1/25

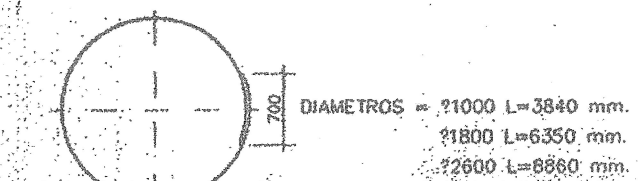


NOTA: LA CHAPA LLEVA CONECTORES PARA UNIÓN CON EL HORMIGÓN
EN CUADRICULA DE 330x330mm

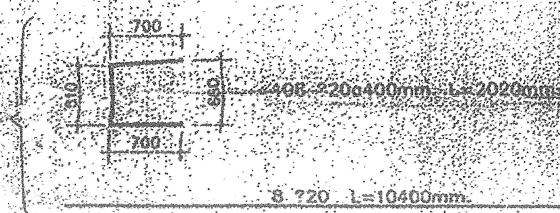
DESPIECE DE ARMADURA

| | |
|-----------------------------------|------------------------|
| ARMADURA SUPERIOR EN BORDES | 78 220x200mm L=8700mm |
| ARMADURA SUPERIOR EN CRUZ CENTRAL | 32 220x400mm L=3740mm |
| ARMADURA INFERIOR | 140 220x150mm L=8700mm |
| ARMADURA DE ESTRELLA | 45 220 L=2700mm |

ANILLOS 3 220



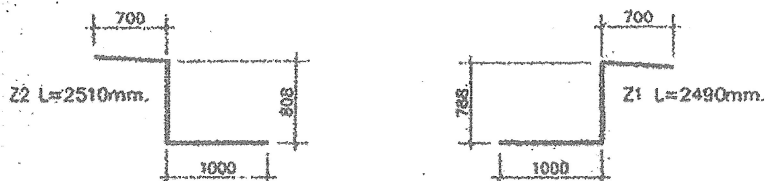
REFUERZO DE FRENTES VERTICALES



MALLAZO EN CORONA EXTERIOR

HORIZONTALES: CIRCULAR R.1757mm 12 220 L=11300mm CON SOLAPE DE 250mm.
VERTICALES: 110 220 L=1200mm

REFUERZOS EN Z

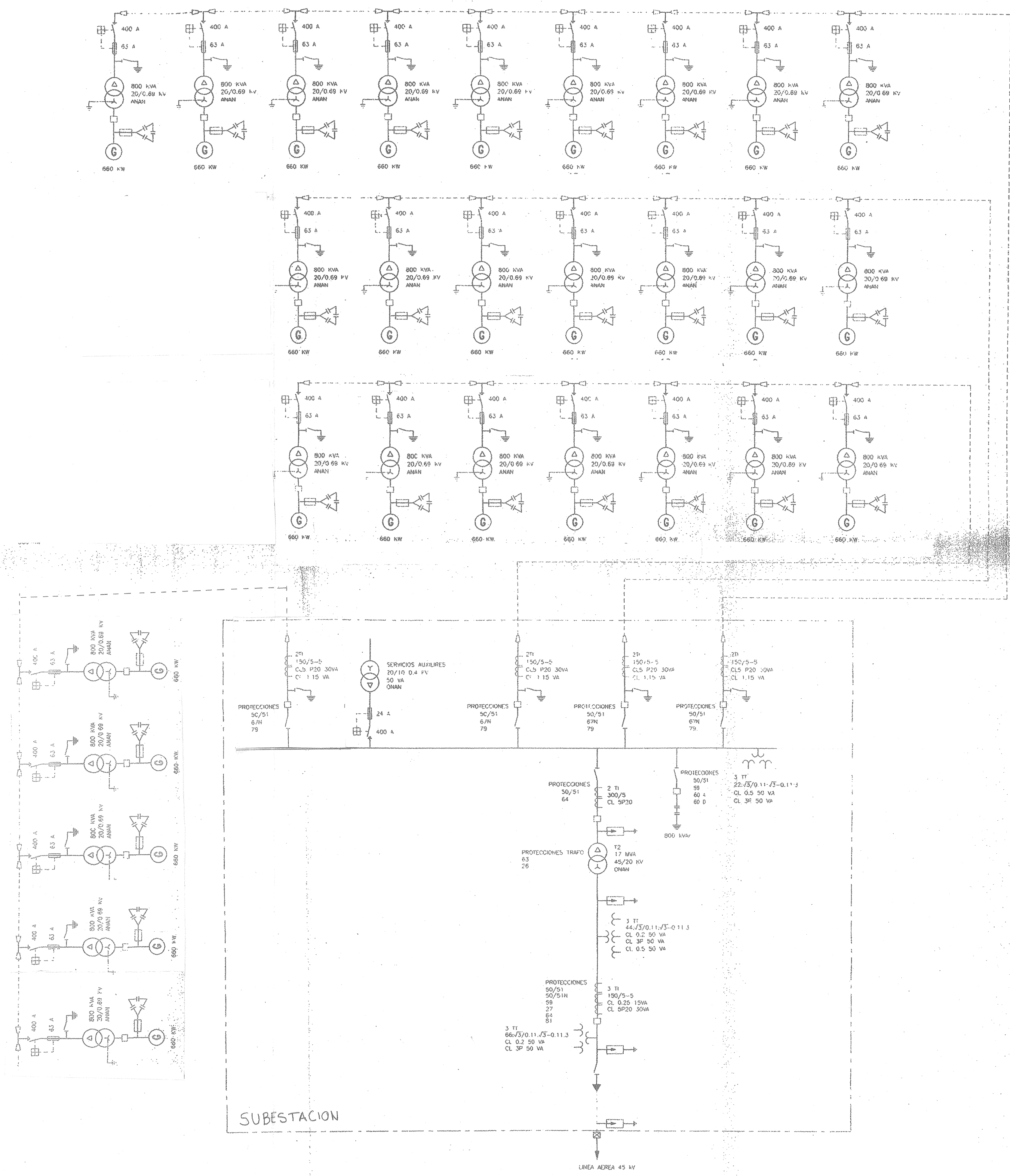


CONTROL DE CALIDAD

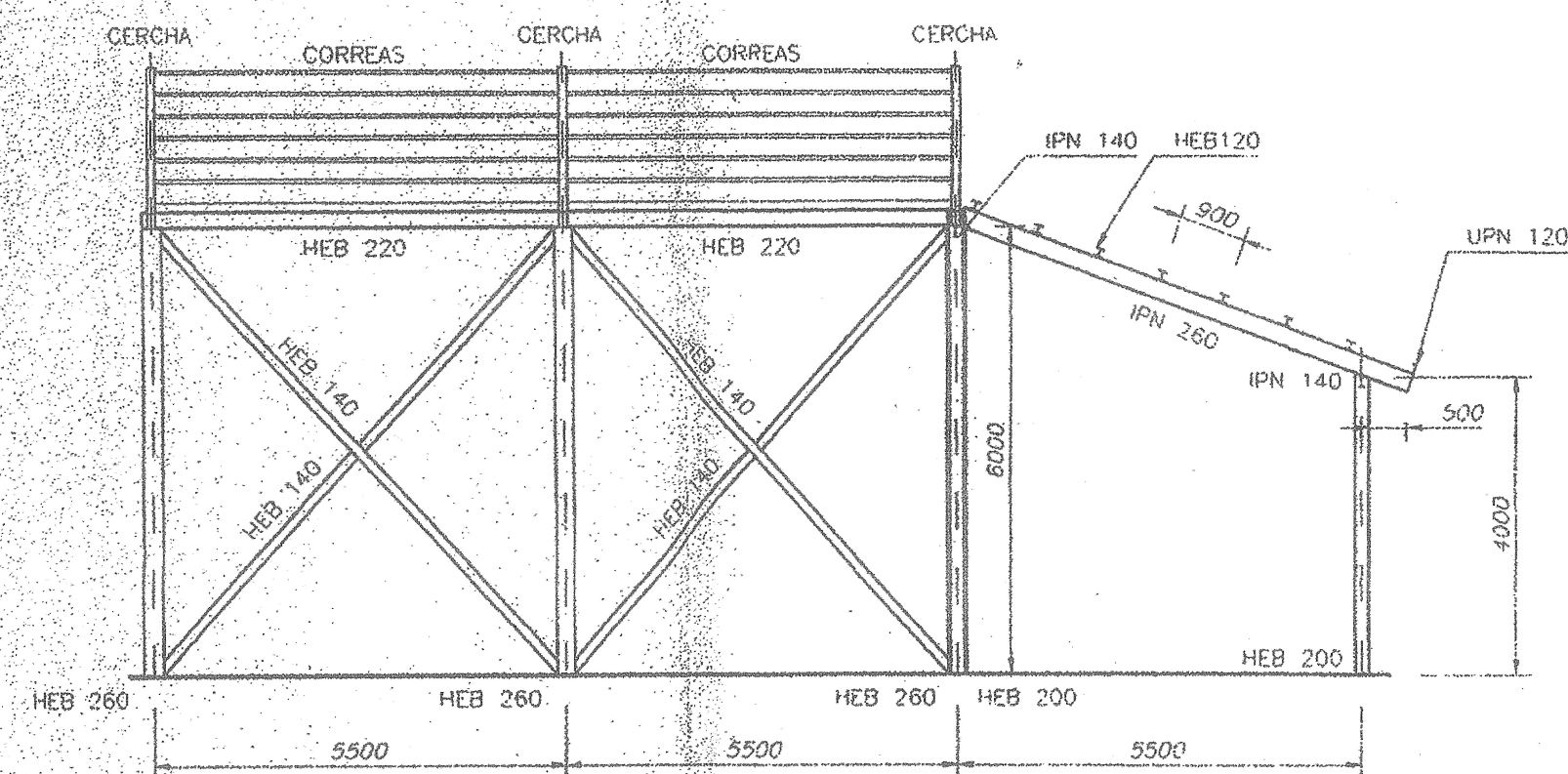
| ELEMENTO | TIPO | NIVEL DE CONTROL | COEFICIENTE DE SEGURIDAD |
|-----------|--------------------------|------------------|--------------------------|
| HORMIGÓN | LIMPIEZA | H-150 | NORMAL |
| ACERO | ZAPATA, PEDESTAL Y ACERA | H-300 | NORMAL |
| EJECUCIÓN | ACI-308-11 | NORMAL | NORMAL |

RECUBRIMIENTO ARMADURAS INTERIORES Y ZAPATAS 4cm.
RECUBRIMIENTO ARMADURAS EXTERIORES 4cm.

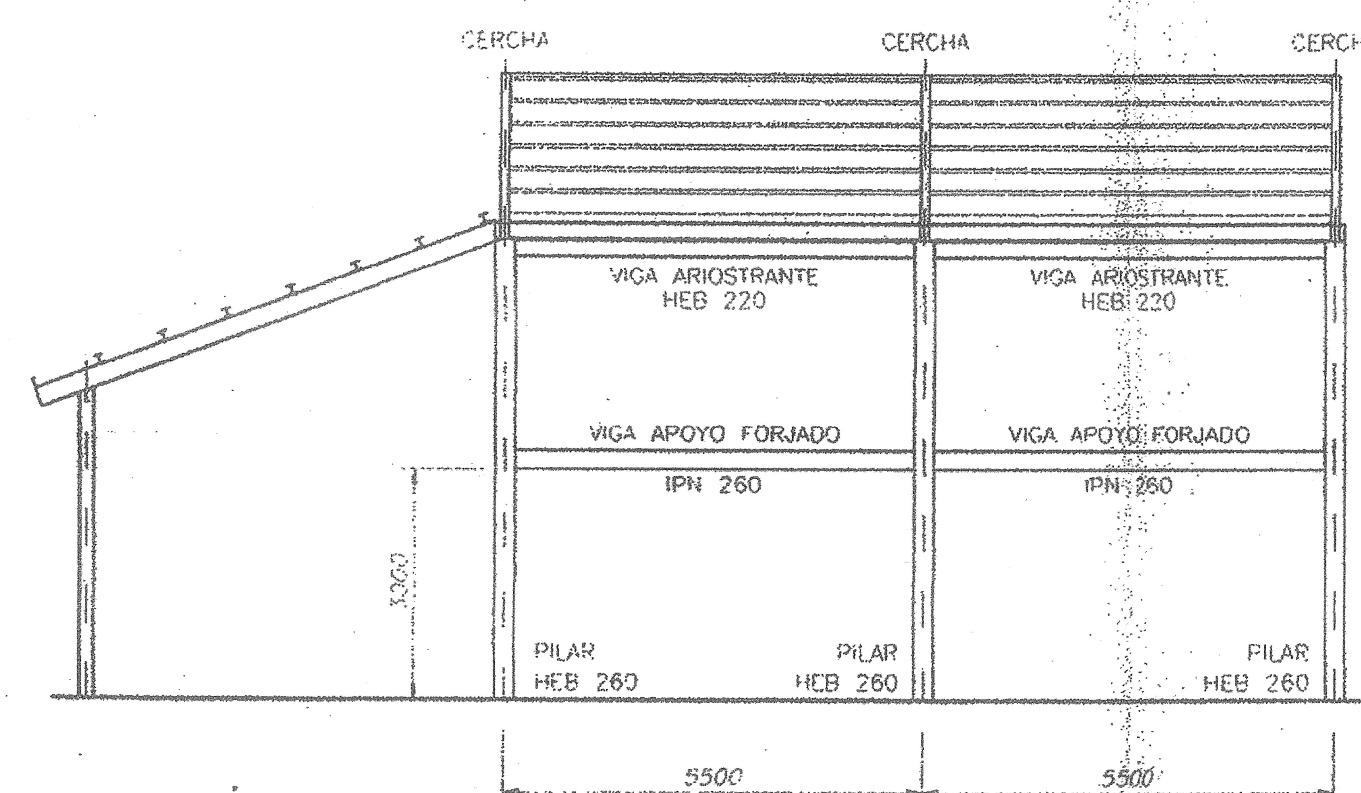
| | | | |
|-------------|---------------|---------------------|---|
| | Fecha | Nombre | UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID |
| Dibujado: | 20/08/14 | Eugenia Galindo | |
| Comprobado: | 25/09/14 | José Luis Rodríguez | |
| Escala: | Codificación: | | Nombre del plano: Detalles de la cimentación de aerogeneradores |
| 1:50 | DC-AR-001 | | |



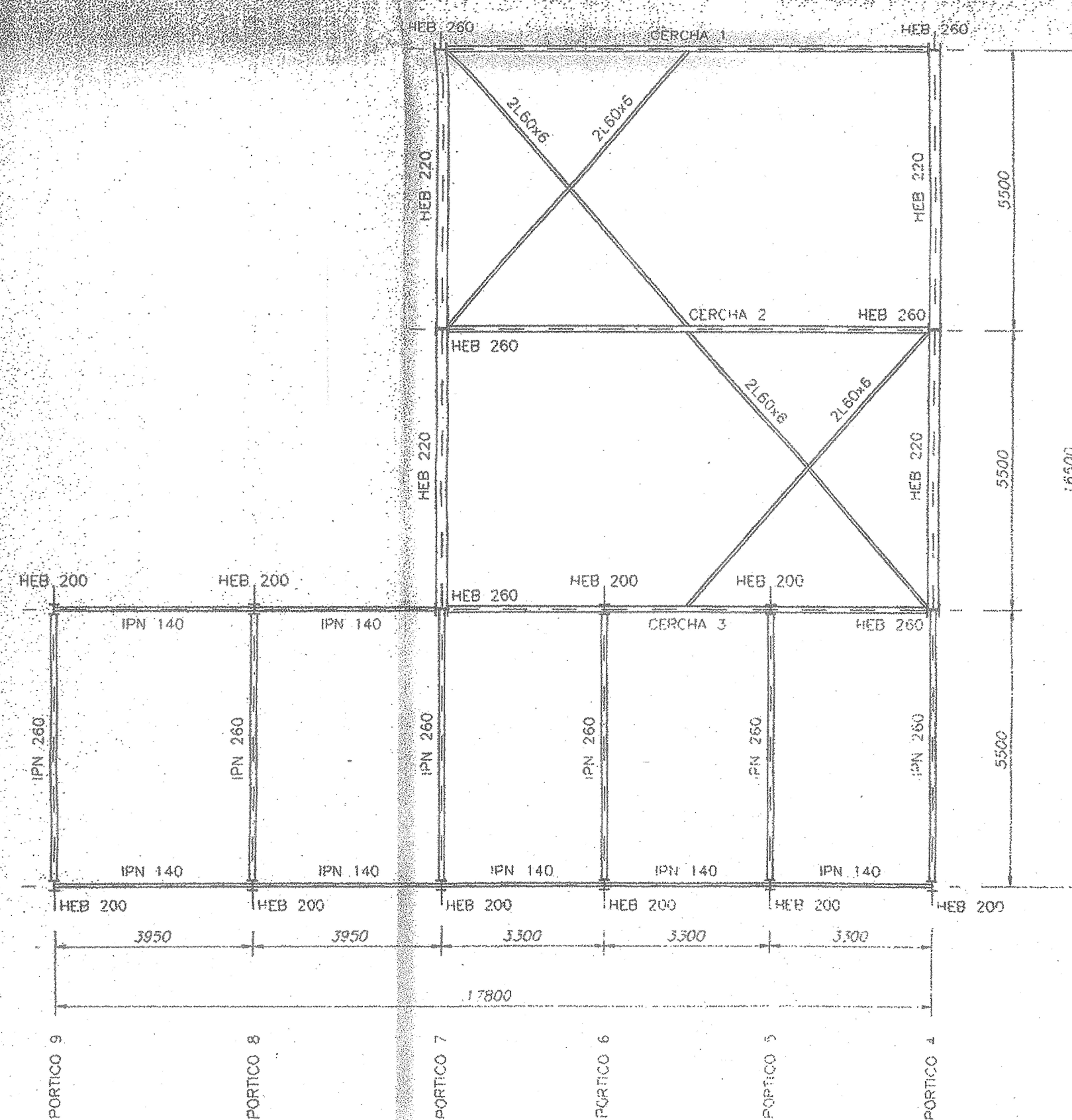
| | | | |
|----------------|---------------------------|---------------------|--|
| | Fecha | Nombre | UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID |
| Dibujado: | 20/08/14 | Eugenia Galindo | |
| Comprobado: | 25/09/14 | José Luis Rodríguez | |
| Escala: S/E | Codificación: DE-SB-AR | | Nombre del plano: Diagrama unifilar de subestación y aerogeneradores |



ALZADO VISTA POR B



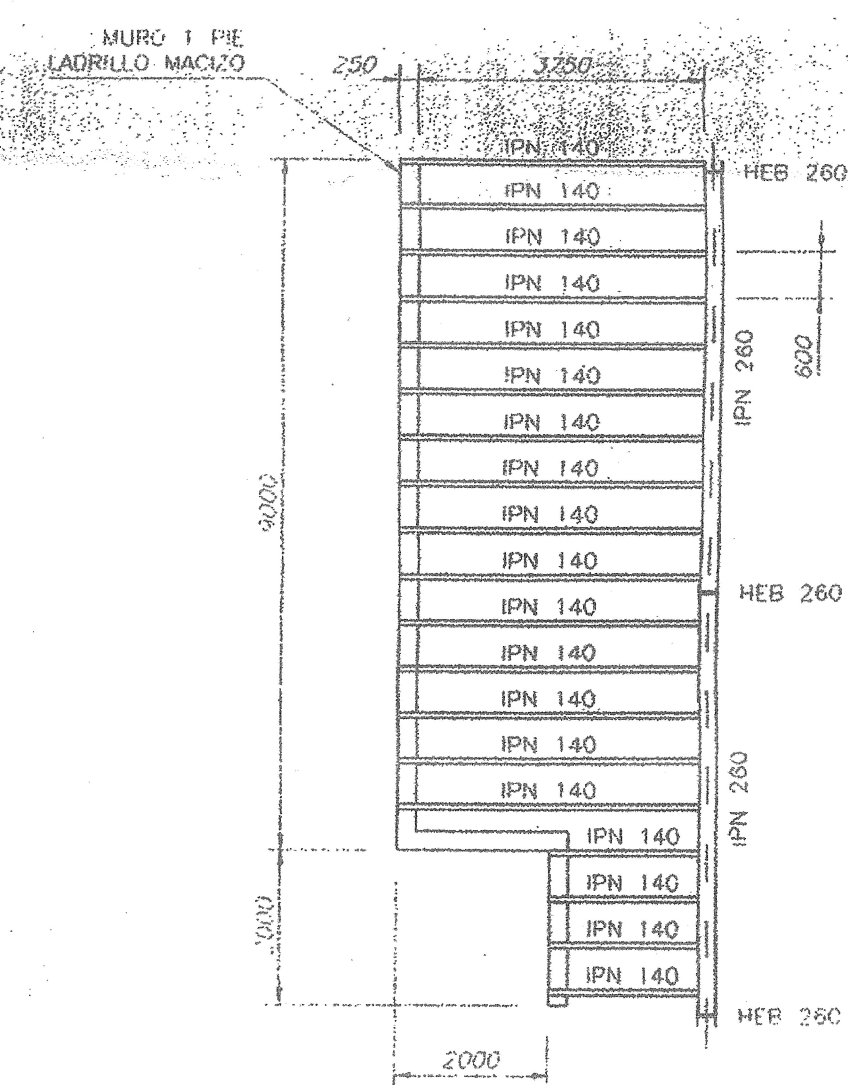
ALZADO VISTA POR A



PORTICO CERCHA TIPO 1

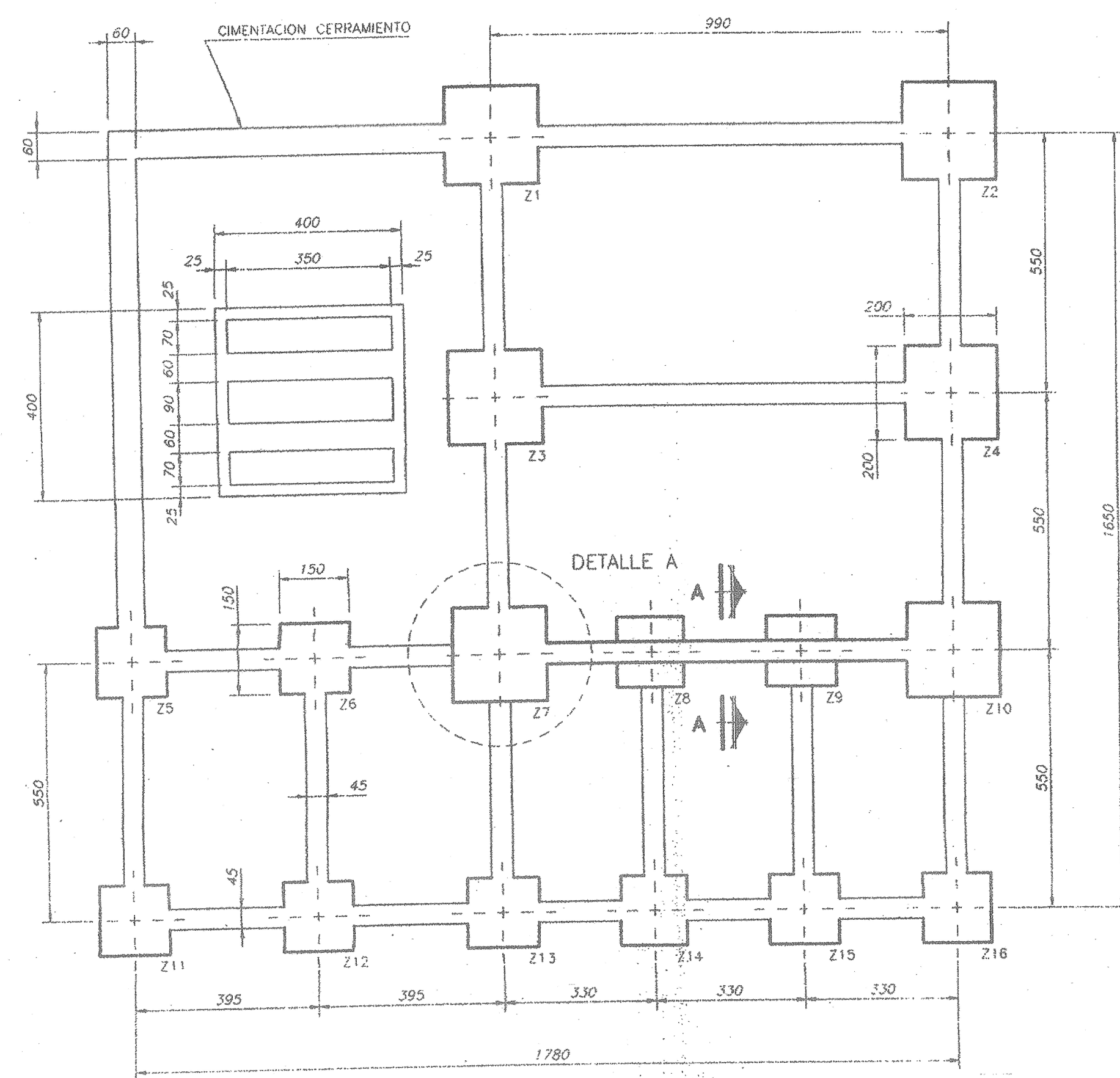
PORTICO CERCHA TIPO 2

PORTICO CERCHA TIPO 3



PLANTA FORJADOS SALA DE JUNTAS Y CONTROL

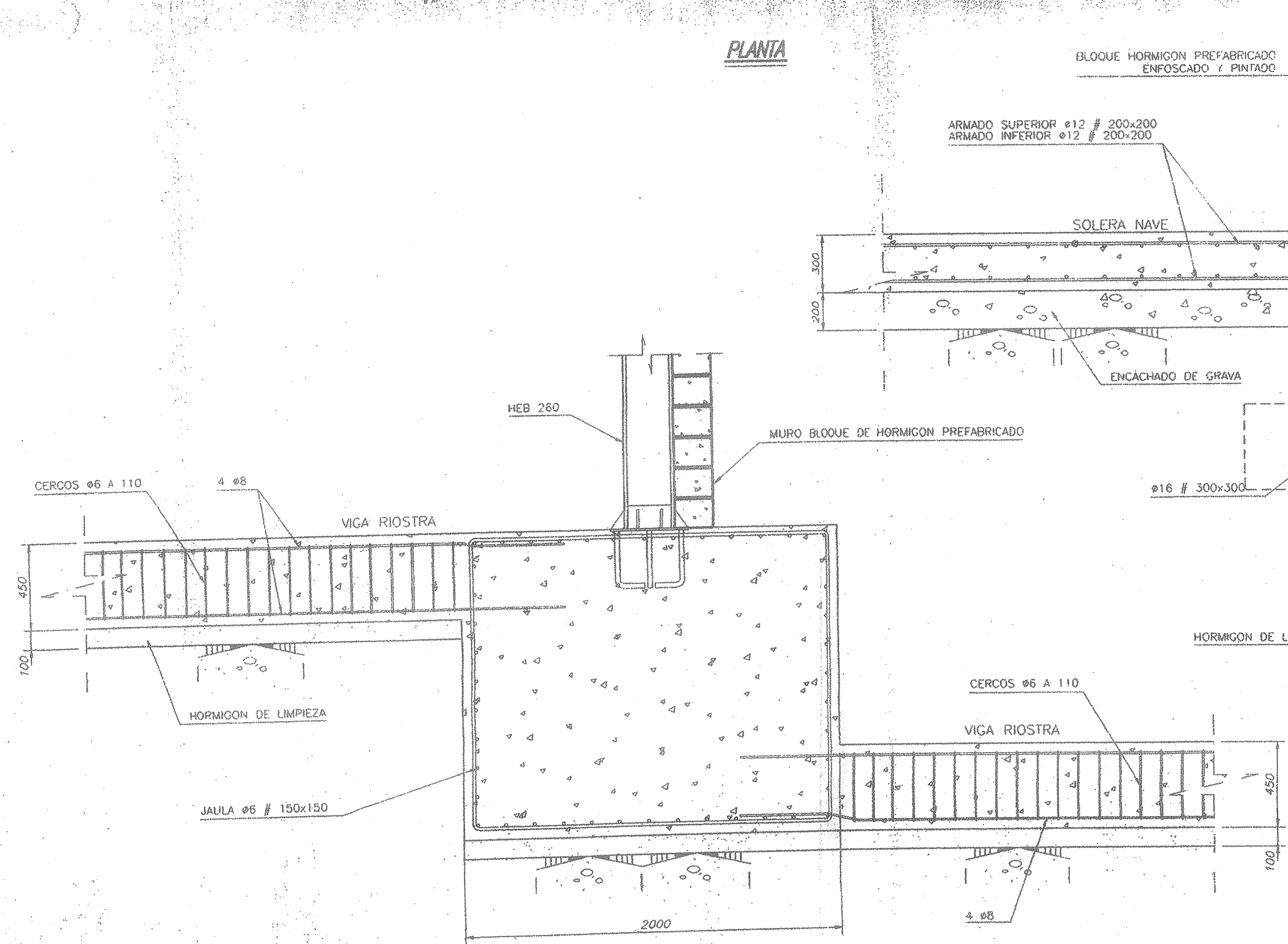
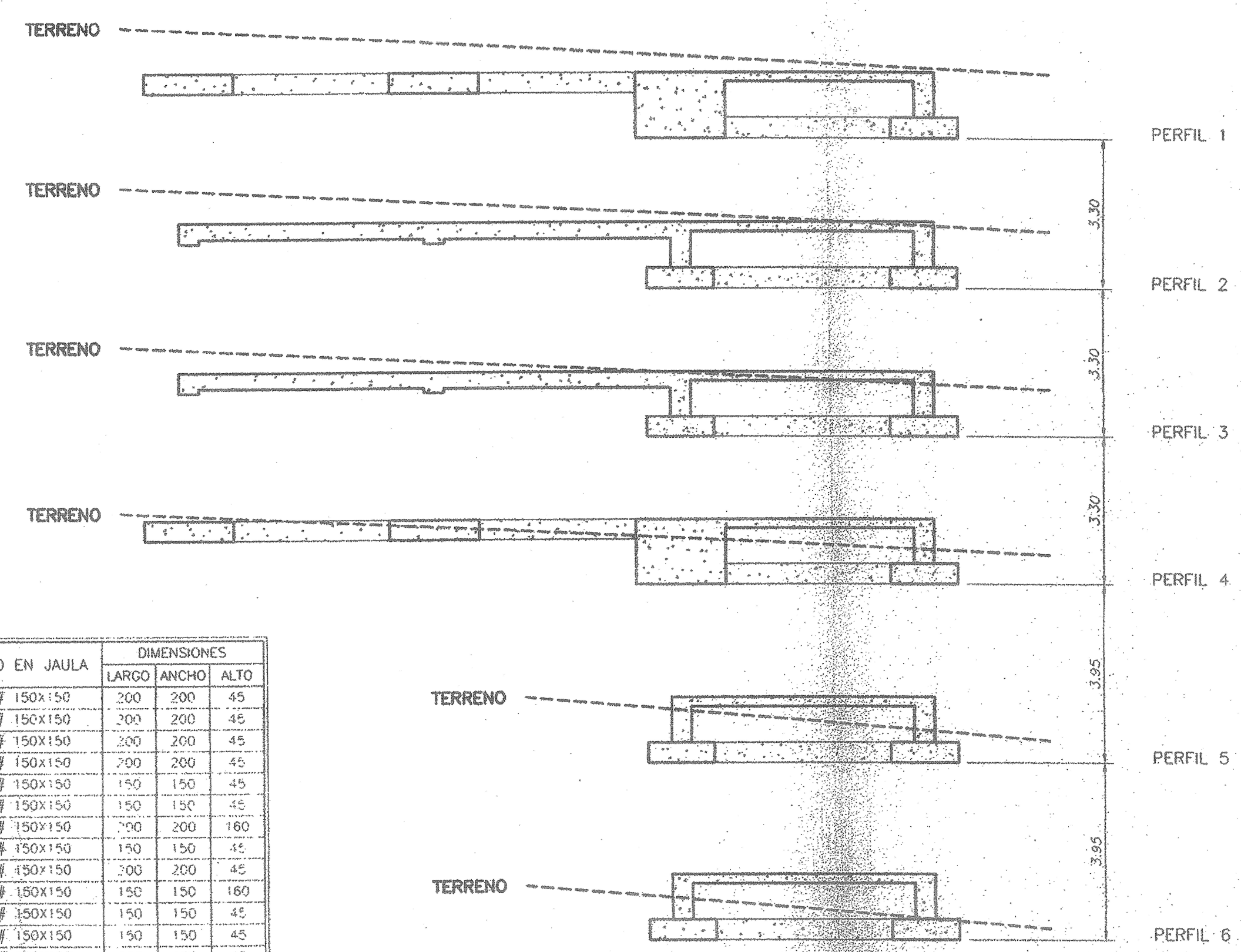
| | | | |
|----------------|--------------------------|---------------------|--|
| | Fecha | Nombre | UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID |
| Dibujado: | 20/08/14 | Eugenia Galindo | |
| Comprobado | 25/09/14 | José Luis Rodríguez | |
| Escala: S/E | Codificación: DC-SJSC | | Nombre del plano: Forjados de sala de junta y de control |



P6 P5 P4 P3 P2 P1

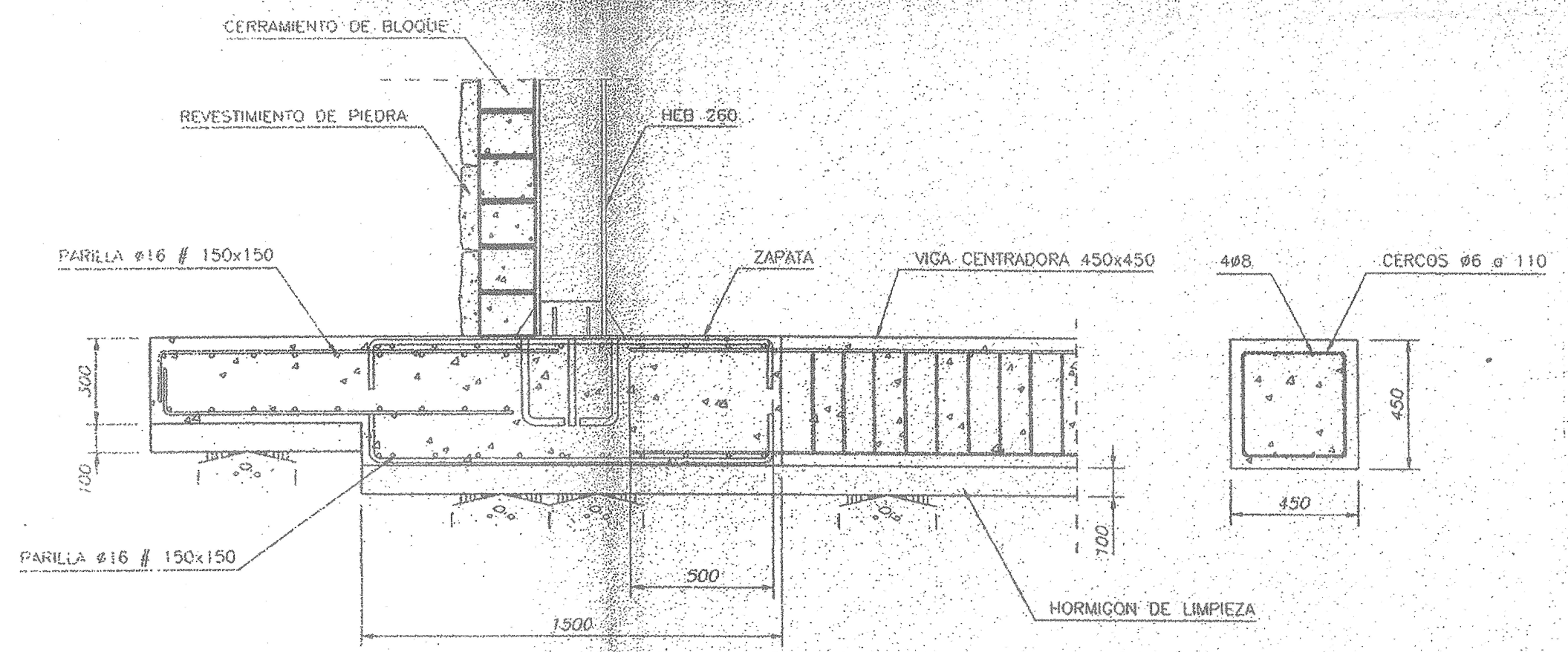
PLANTA

| Nº | DEFINICION | ARMADO EN JAULA | DIMENSIONES | | |
|-----|------------|-----------------|-------------|-------|------|
| | | | LARGO | ANCHO | ALTO |
| Z1 | ZAPATA 1 | ø16 # 150x150 | 200 | 200 | 45 |
| Z2 | ZAPATA 2 | ø16 # 150x150 | 200 | 200 | 45 |
| Z3 | ZAPATA 3 | ø16 # 150x150 | 200 | 200 | 45 |
| Z4 | ZAPATA 4 | ø16 # 150x150 | 200 | 200 | 45 |
| Z5 | ZAPATA 5 | ø12 # 150x150 | 150 | 150 | 45 |
| Z6 | ZAPATA 6 | ø12 # 150x150 | 150 | 150 | 45 |
| Z7 | ZAPATA 7 | ø16 # 150x150 | 200 | 200 | 160 |
| Z8 | ZAPATA 8 | ø12 # 150x150 | 150 | 150 | 45 |
| Z9 | ZAPATA 9 | ø12 # 150x150 | 200 | 200 | 45 |
| Z10 | ZAPATA 10 | ø16 # 150x150 | 150 | 150 | 160 |
| Z11 | ZAPATA 11 | ø12 # 150x150 | 150 | 150 | 45 |
| Z12 | ZAPATA 12 | ø12 # 150x150 | 150 | 150 | 45 |
| Z13 | ZAPATA 13 | ø12 # 150x150 | 150 | 150 | 45 |
| Z14 | ZAPATA 14 | ø12 # 150x150 | 150 | 150 | 45 |
| Z15 | ZAPATA 15 | ø12 # 150x150 | 150 | 150 | 45 |
| Z16 | ZAPATA 16 | ø12 # 150x150 | 150 | 150 | 45 |



DETALLE ZAPATAS Z7 Y Z10
ESCALA: 1/20

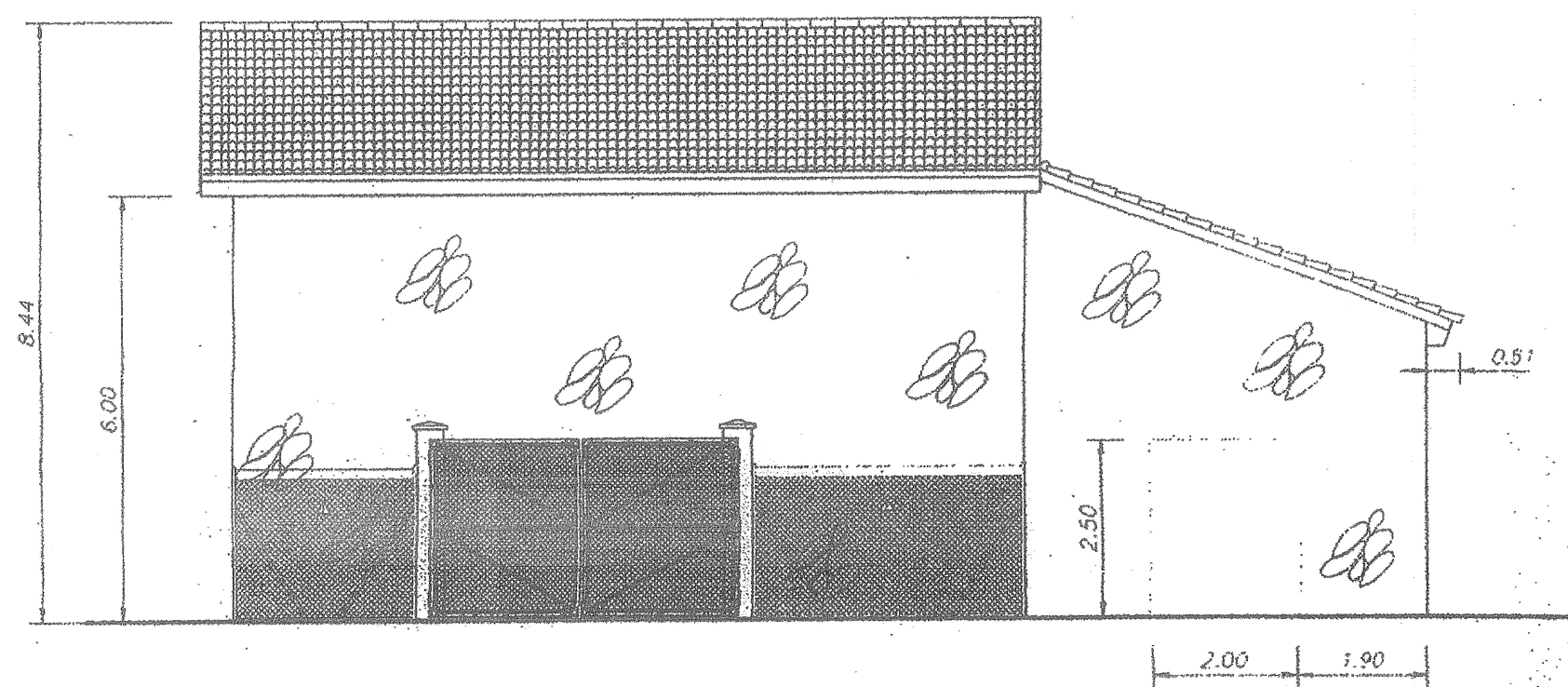
SECCION A-A
ESCALA: 1/20



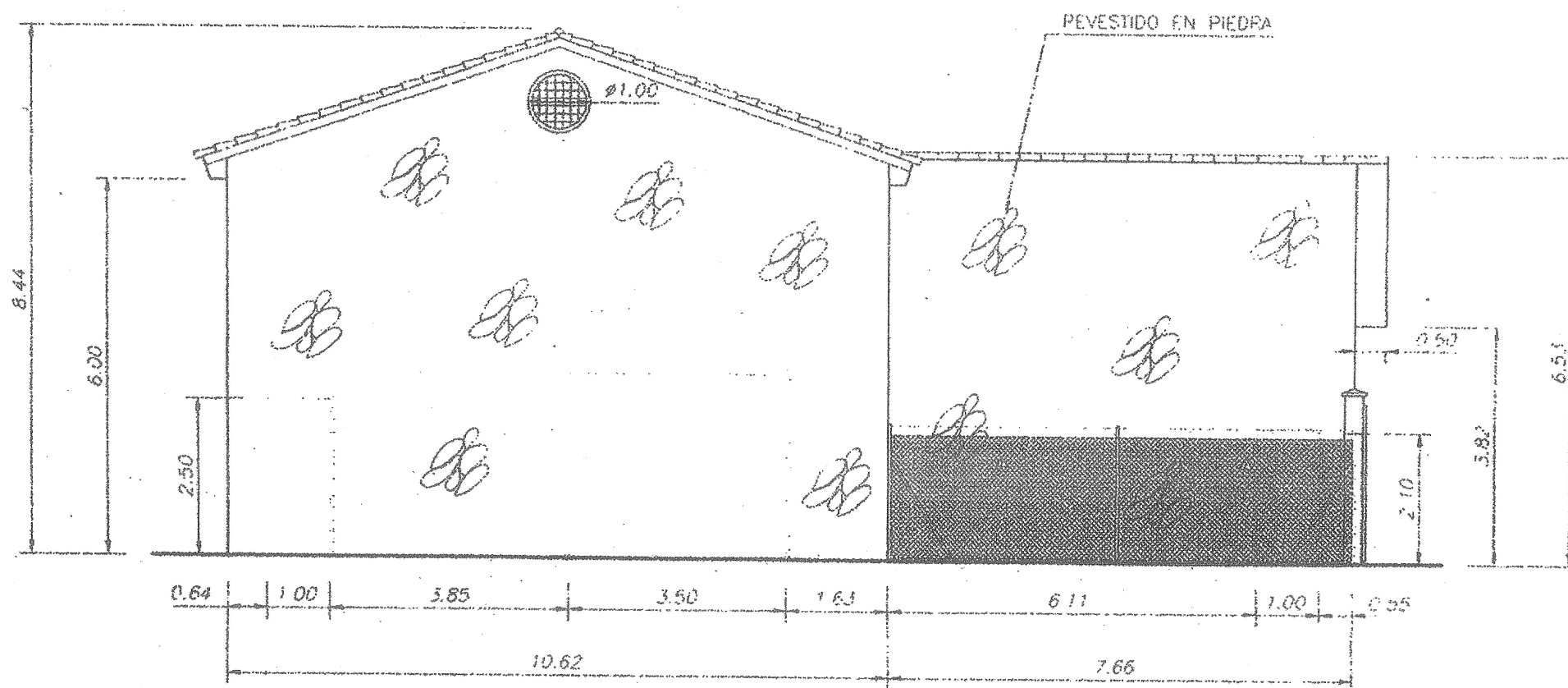
DETALLE TIPO UNION ZAPATA VIGA RIOSTRA Y SOLERA
ESCALA: 1/20

| MATERIALES | DEFINICION | NIVEL DE CONTROL | COEFICIENTE DE SEGURIDAD |
|------------|------------|------------------|--------------------------|
| HORMIGON | H-200 | NORMAL | $\delta c = 1,5$ |
| ACERO | AEH-400N | NORMAL | $\delta c = 1,15$ |
| EJECUCION | | NORMAL | $\delta c = 1,6$ |

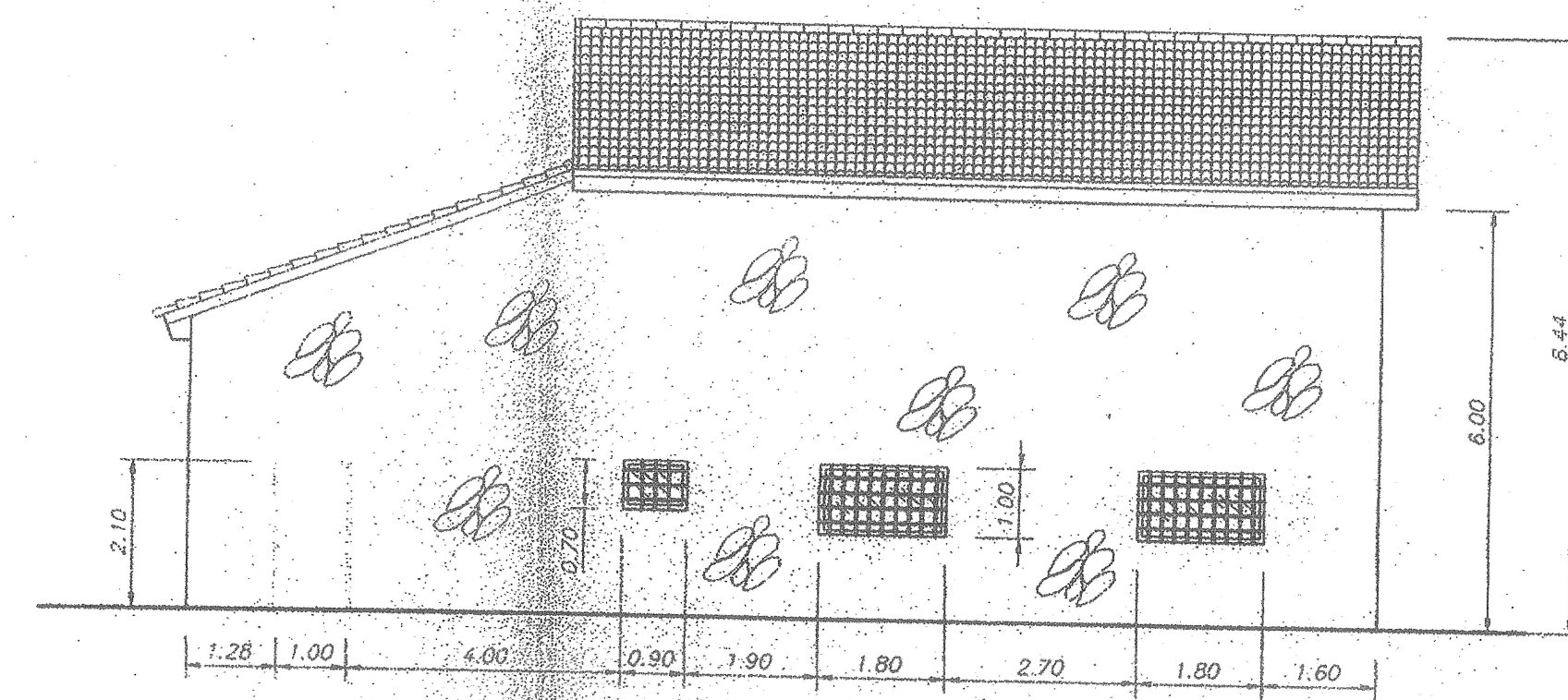
| | | | |
|-------------|----------|---------------------|---|
| | Fecha | Nombre | UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID |
| Dibujado: | 20/08/14 | Eugenia Galindo | |
| Comprobado: | 25/09/14 | José Luis Rodríguez | |
| Escala: | 1:20 | Codificación: | DC-SB-003 |
| | | | Nombre del plano: Detalles de zapatas y cimentación de la subestación |



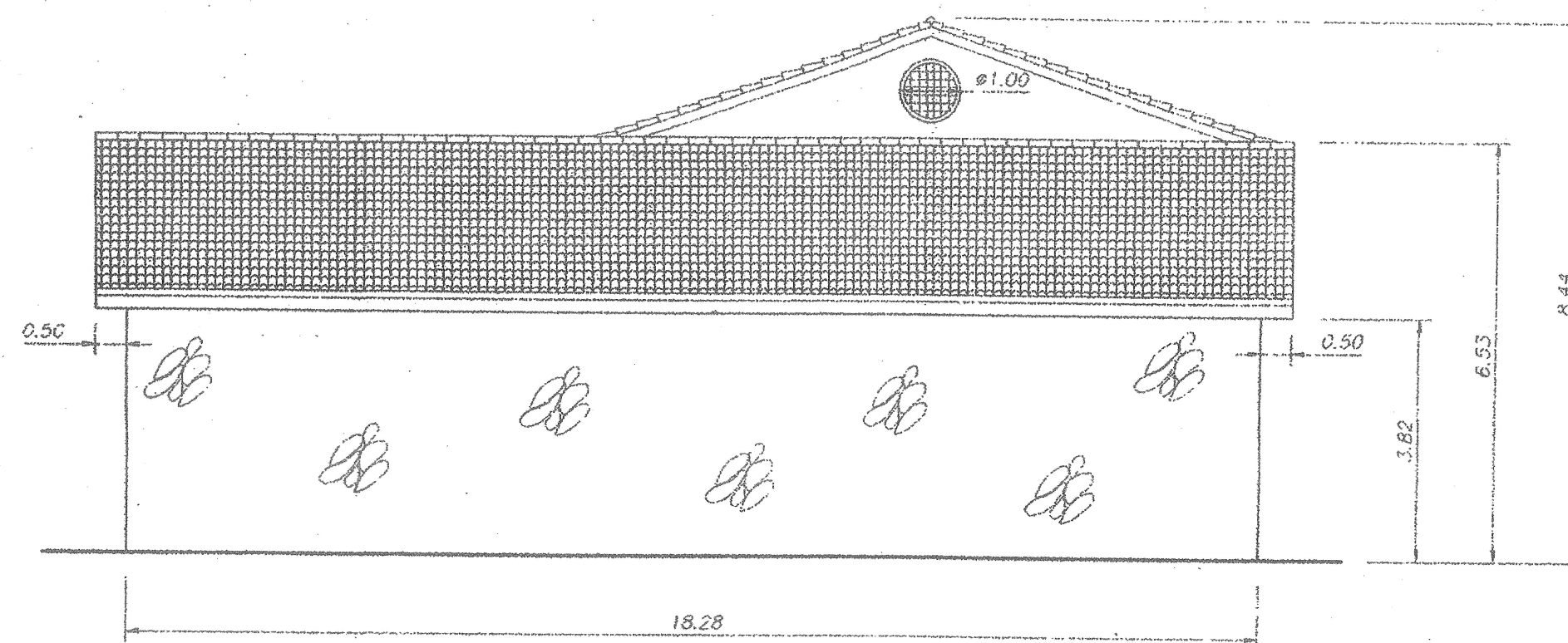
ALZADO LATERAL DERECHO



ALZADO PRINCIPAL

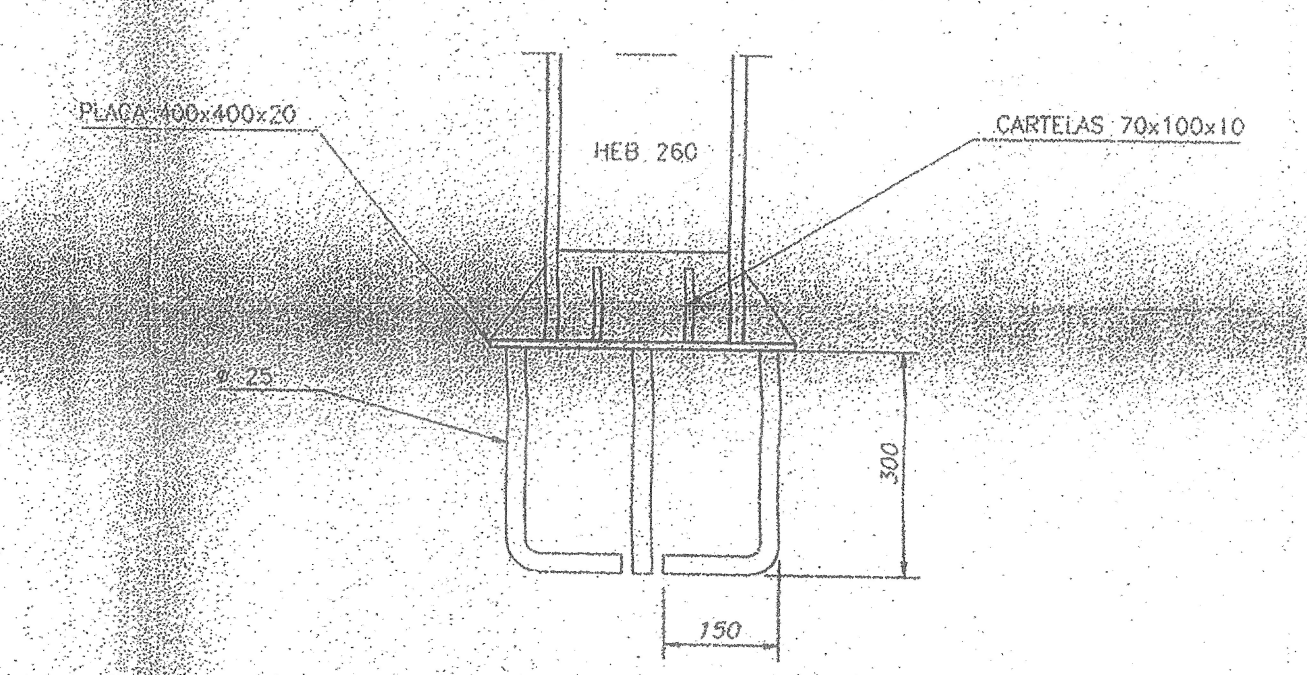
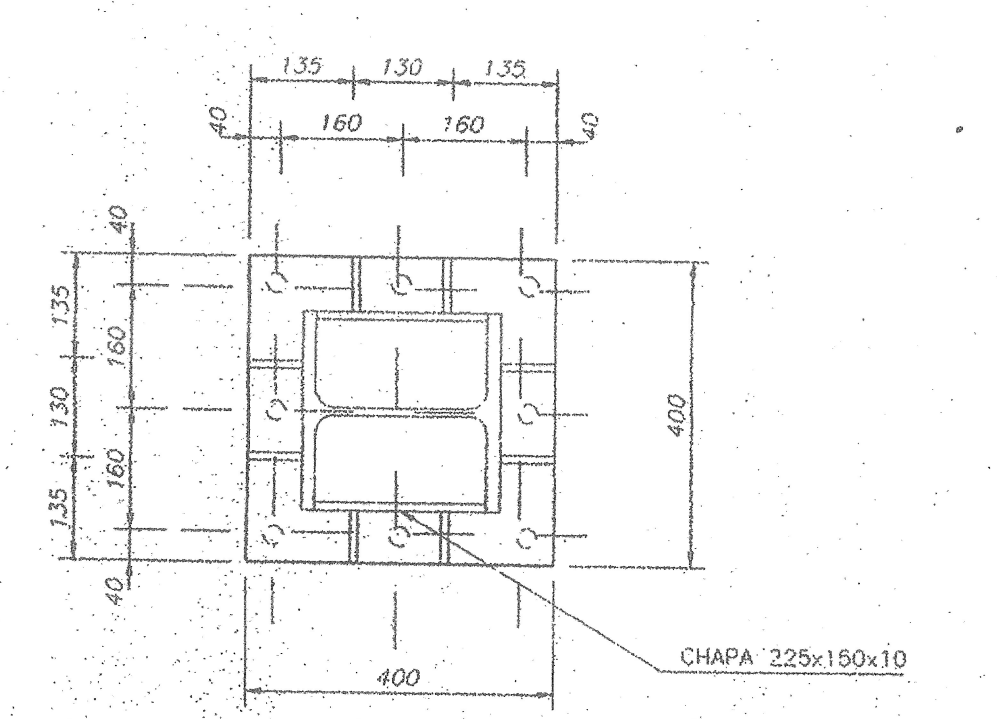
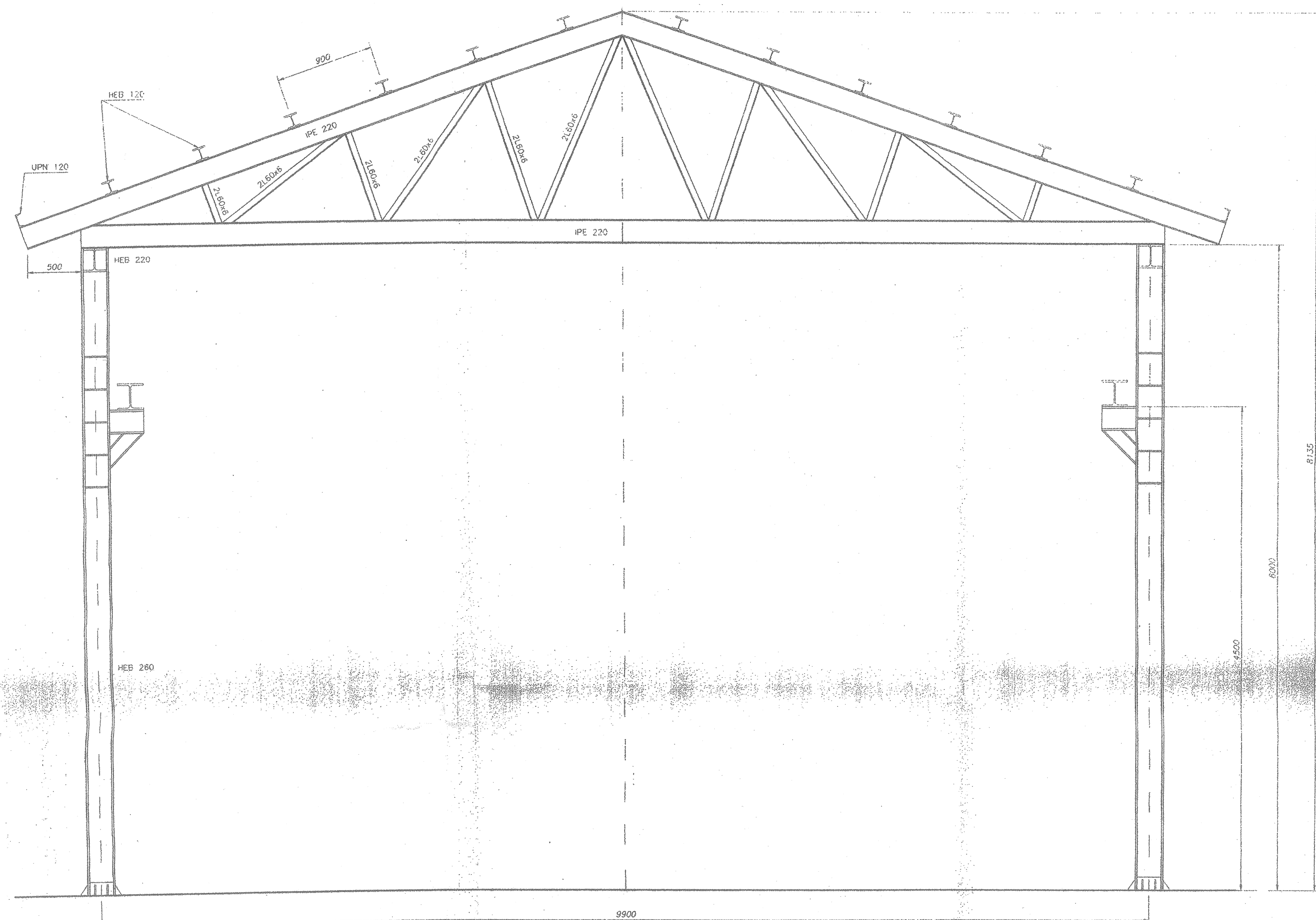


ALZADO LATERAL IZQUIERDO



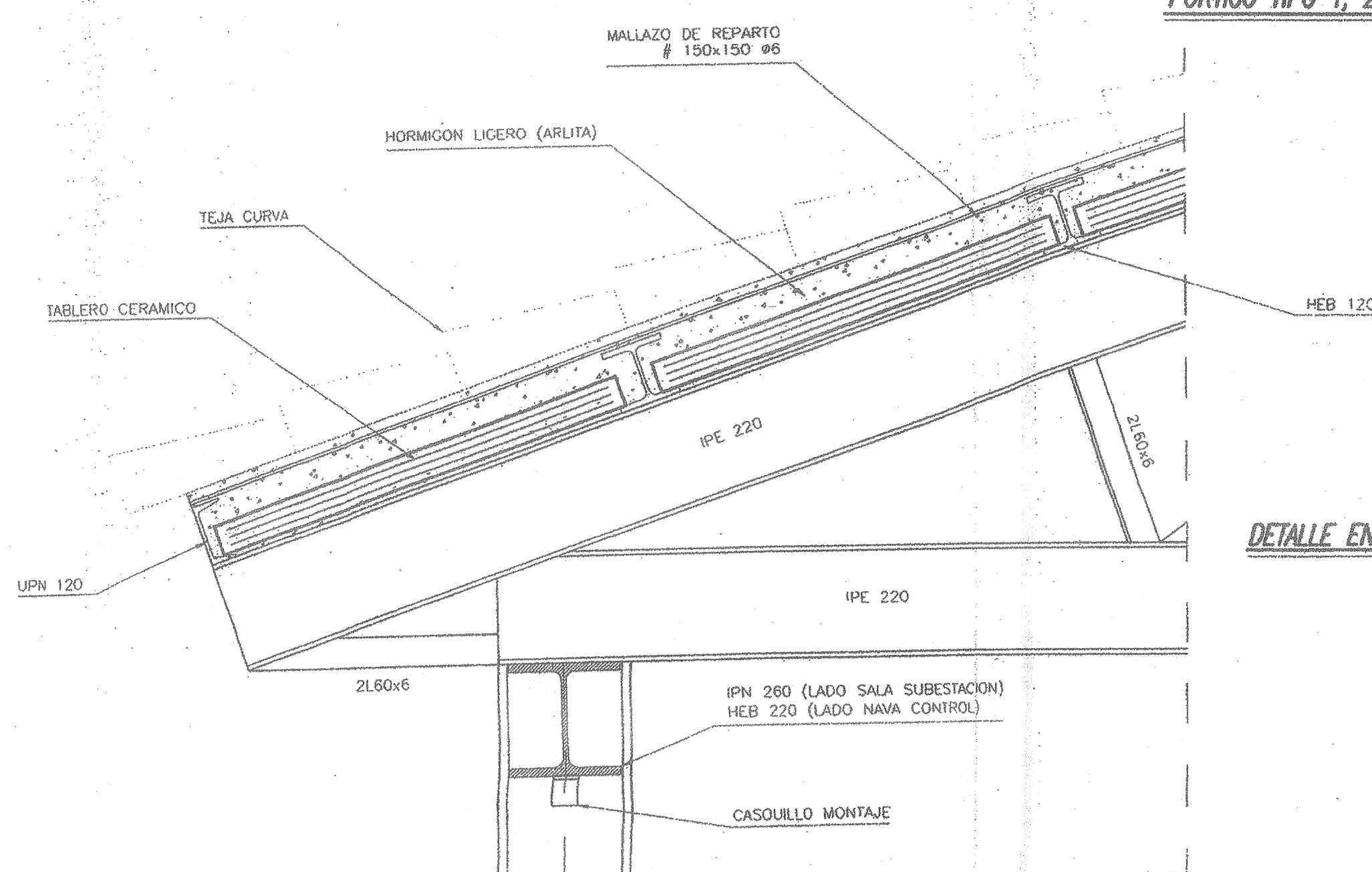
ALZADO POSTERIOR

| | | | |
|-------------|----------|-------------------------|--|
| | Fecha | Nombre | UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID |
| Dibujado: | 20/08/14 | Eugenia Galindo | |
| Comprobado: | 25/09/14 | José Luis Rodríguez | Nombre del plano: Vistas de la subestación |
| Escala: S/E | | Codificación: DC-SB-002 | |

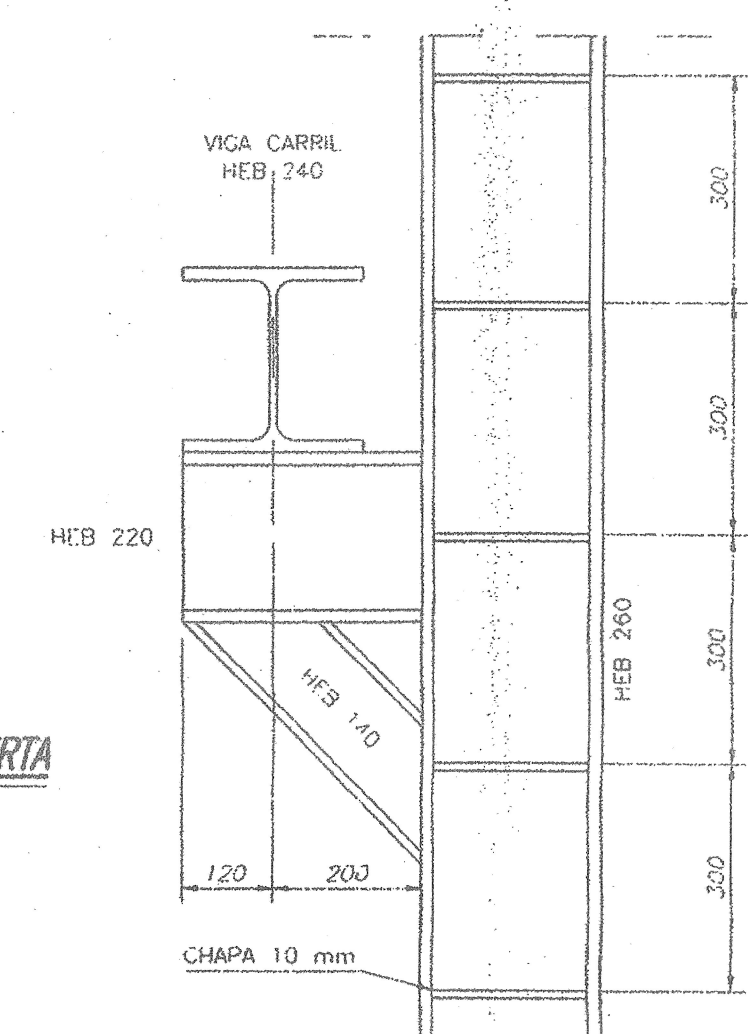


DETALLE PLACA ANCLAJE
ESCALA: 1/10

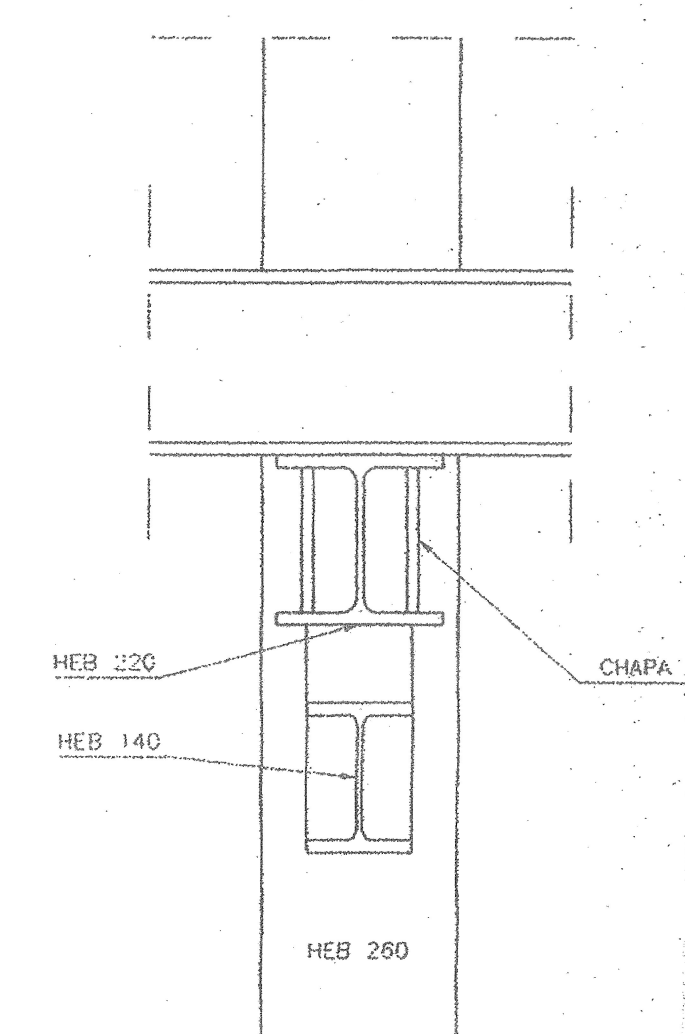
PORTICO TIPO 1, 2, Y 3



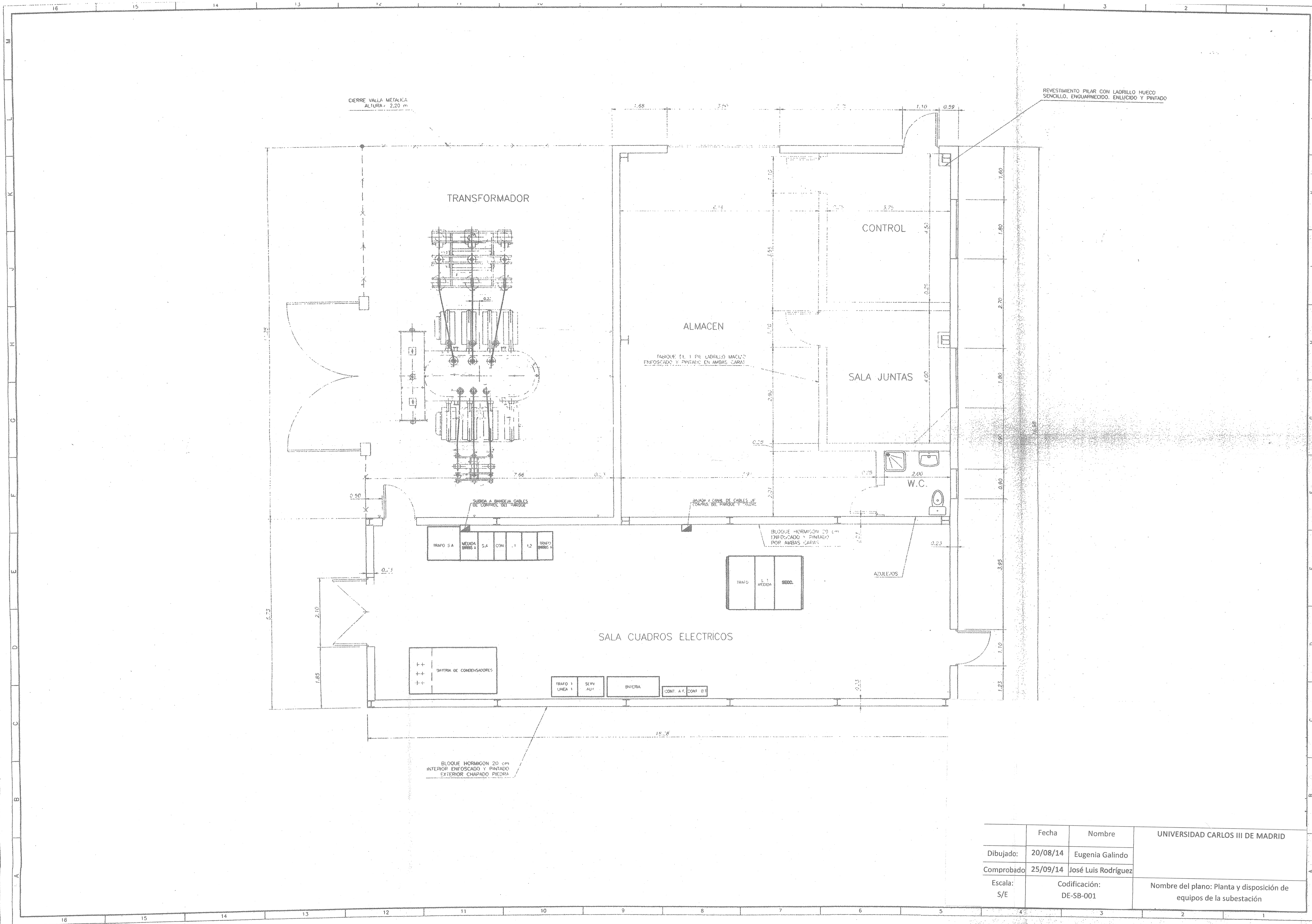
DETALLE ENCuentRO PILAR CUBIERTA
ESCALA: 1/10



DETALLE MENSULA PUENTE GRUA
ESCALA: 1/10



| | | | |
|-------------|----------|-------------------------|--|
| | Fecha | Nombre | UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID |
| Dibujado: | 20/08/14 | Eugenia Galindo | |
| Comprobado: | 25/09/14 | José Luis Rodríguez | Nombre del plano: Estructura mecánica cerramiento y cubierta de la subestación |
| Escala: | 1:10 | Codificación: DC-SB-001 | |



| | | | |
|-------------|-------------------------|---------------------|---|
| | Fecha | Nombre | UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID |
| Dibujado: | 20/08/14 | Eugenia Galindo | |
| Comprobado: | 25/09/14 | José Luis Rodríguez | Nombre del plano: Planta y disposición de equipos de la subestación |
| Escala: S/E | Codificación: DE-SB-001 | | |

DOCUMENTO N°3, PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N° 3

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE GENERAL

- 3.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS
- 3.2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES

3.1.1 Objeto

El objeto del presente pliego de condiciones es delimitar los requisitos a que se debe ajustar la ejecución del parque eólico de referencia, cuyas características técnicas estarán especificadas en los restantes documentos que componen el presente Proyecto.

3.1.2 Disposiciones generales

El contratista estará obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar o de vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes en el momento de la ejecución de las obras. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042: "Contratación de obras, condiciones generales", siempre que no lo modifique el presente pliego de condiciones.

3.1.3 Seguridad en el trabajo

El contratista está obligado a cumplir todas las condiciones, normas y reglamentos como fueran de pertinente aplicación para este caso.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y de trabajo en las debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos eléctricos con equipos en tensión o en su proximidad usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal, las herramientas y equipos se llevarán en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos, sin herrajes o clavos en las suelas.

El personal del contratista está obligado a utilizar todos los dispositivos y medios de protección personal necesarios para eliminar o reducir los riesgos profesionales, pudiendo el ingeniero suspender los trabajos si estima que el personal está expuesto a peligros que son corregibles.

El ingeniero podrá exigir al contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar su propia integridad física o la de sus compañeros.

El ingeniero podrá exigir al contratista en cualquier momento, antes o después del comienzo de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social en la forma legal.

3.1.4 Seguridad pública

El contratista deberá tomar las máximas precauciones para proteger a personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El contratista mantendrá póliza de seguros que proteja a sus empleados y obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., en que pudieran incurrir para con el contratista o para con terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

3.1.5 Organización del trabajo

El contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para su perfecta ejecución, y siguiendo las indicaciones del presente pliego de condiciones.

3.1.6 Datos de la obra

Se entregará al contratista una copia de los planos y pliego de condiciones del proyecto, así como cuantos datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, de todos los documentos del proyecto, haciéndose responsable de la buena conservación de los documentos originales, que serán devueltos al ingeniero después de su utilización.

Tras la finalización de los trabajos, y en el plazo máximo de dos meses, el contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos originales, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al ingeniero dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por parte del contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el proyecto, salvo aprobación previa y por escrito del ingeniero.

3.1.7 Replanteo de la obra

El ingeniero, una vez que el contratista esté en posesión del proyecto y antes de comenzar las obras, deberá realizar el replanteo de la misma, con especial atención en los puntos singulares. Se levantará acta, por duplicado, firmada por el ingeniero y el representante del contratista.

3.1.8 Mejoras y variaciones sobre el Proyecto

No se considerarán mejoras y variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el ingeniero, y convenido precio antes de su ejecución.

3.1.9 Recepción del material

El ingeniero, de acuerdo con el contratista, dará su aprobación a los materiales suministrados y confirmará su validez para una instalación correcta.

La vigilancia y conservación de los materiales, será por cuenta del contratista.

3.1.10 Organización

El contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente estén establecidas y en general, a todo cuanto se legisle, decrete y ordene sobre el particular, antes o durante la ejecución de las obras.

Dentro de lo estipulado en el pliego de condiciones, la organización de la obra y la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del contratista, quien primero informará al ingeniero.

En las obras por administración, el contratista deberá dar cuenta diaria al ingeniero de la admisión de personal, adquisición o alquiler de elementos auxiliares, compra de materiales y cuantos gastos haya de efectuar.

Para los contratos de trabajo, compra de materiales o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% los normales del mercado, solicitará la aprobación previa del ingeniero, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo caso de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

3.1.11 Ejecución de las obras

Las obras se ejecutarán conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en el presente pliego de condiciones generales y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el pliego de condiciones técnicas.

El contratista, salvo aprobación por escrito del ingeniero, no podrá realizar ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza en los datos fijados en el proyecto.

El contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo salvo indicado en el apartado "Mejoras y variaciones del proyecto". Igualmente será de su exclusiva cuenta y cargo personal ajeno a la obra.

El contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado, a juicio del ingeniero.

3.1.12 Subcontratación de obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste contratar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, de acuerdo con los siguientes requisitos:

1) Que se dé conocimiento por escrito al ingeniero del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquel lo autorice previamente.

2) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros, no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el contratante no quedará vinculado en absoluto, ni reconocerá ninguna obligación contractual, entre él y el subcontratista, y cualquier subcontratación de obra no eximirá al contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al contratante. La subcontratación deberá siempre supeditarse a la autorización previa por parte de la parte contratante.

3.1.13 Plazo de ejecución

El plazo de ejecución previsto para la realización de las obras es de once meses, contados a partir de la fecha de su contratación.

Los plazos de ejecución, totales y parciales, indicados en el contrato, empezarán a contar a partir de la fecha del replanteo de las obras. El contratista estará obligado a cumplir los plazos señalados, que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones, cuando los cambios determinados por el ingeniero y debidamente

aprobados por el contratante, influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por causas ajenas por completo al contratista, no fuera posible comenzar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el ingeniero la prórroga estrictamente necesaria.

3.1.14 Recepción provisional

Una vez terminadas las obras y dentro de los quince días siguientes a la petición del contratista, se hará la recepción provisional de las mismas por el contratante, requiriéndose para ello la presencia del ingeniero y del contratista, levantándose la correspondiente acta, en la que se hará constar la conformidad con trabajos realizados, si es procedente.

El acta será firmada por el ingeniero y por el representante del contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente, de acuerdo con las especificaciones contenidas en el pliego de condiciones técnicas y proyecto correspondiente, comenzando en este momento a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el acta, y se darán al contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo determinado para ello.

Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta del contratista. Si el contratista no cumpliera estas prescripciones, podrá declararse rescindido el contrato, con pérdida de la fianza.

3.1.15 Período de garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato a contar desde la fecha de aprobación del acta.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el contratista será responsable de la conservación de la obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defecto de ejecución o mala calidad de los materiales.

3.1.16 Recepción definitiva

Una vez finalizado el plazo de garantía señalado en el contrato, o en su defecto, a los doce meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del ingeniero y del representante del contratista, levantándose, si las obras son conformes, el acta correspondiente, por duplicado, firmada por el ingeniero y el representante del contratista, y ratificada por el contratante.

3.2. Pliego de condiciones técnicas y particulares

Índice General

3.2.1 Especificación general de preparación

del terreno y movimiento de tierras

3.2.1.1 Objeto

3.2.1.2 Normas, códigos y otras especificaciones

3.2.1.3 Alcance

3.2.1.4 Trabajos previos

3.2.1.5 Deforestación, destocoado, desbroce y limpieza

3.2.1.6 Control de las aguas

3.2.1.7 Explanación del terreno

3.2.1.8 Excavación y desbroce

3.2.1.9 Rellenos y terraplenes

3.2.1.10 Método de evaluación de los trabajos

3.2.2 Especificación general de ejecución

de obras y estructuras de hormigón

3.2.2.1 Objeto y alcance

3.2.2.2 Normas, códigos y otras especificaciones

3.2.2.3 Hormigones

3.2.2.4 Encofrado

3.2.2.5 Materiales / Acero para armar

3.2.2.6 Método de evaluación de los trabajos

3.2.3 Especificación general de instalaciones
de media y baja tensión

3.2.3.1 Conductores

3.2.3.2 Centros de transformación

3.2.4 Especificación general de instalaciones de alta tensión

3.2.4.1 Conductores

3.2.4.2 Aparellaje 45 kV

3.2.4.3 Transformadores de potencia

3.2.4.4 Aparellaje 20 kV

3.2.4.5 Aparellaje B.T. y equipos auxiliares

3.2.1 Especificación general de preparación del terreno y movimiento de tierras

3.2.1.1 Objeto

Esta especificación cubre el proyecto y ejecución de los trabajos relativos a preparación del terreno y movimiento de tierras.

3.2.1.2 Normas, códigos y otras especificaciones

1.- NORMAS Y CÓDIGOS:

Normas tecnológicas en la Edificación (NTE):

ADE: Explanaciones.

ADG: Galerías.

ADT: Túneles.

ADV: Vaciado.

ADZ: Zanjas y pozos.

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras
y Puentes.

2.- ESPECIFICACIONES DE APLICACIÓN

Aparte de la presente, cuando proceda, deben consultarse y observarse también las siguientes especificaciones:

SP- 191 Topografía y Replanteo; Geotécnica y Mecánica de Suelos.

3.2.1.3 Alcance

1.- Especificación de las directrices que deben seguirse para los siguientes trabajos.

- Deforestación, desbroce, destocoado y limpieza.
- Explanación del terreno: retirada de tierra vegetal y nivelación.
- Excavaciones y desmontes.
- Rellenos y terraplenes.

2.- Se incluyen también en el ámbito de esta especificación los trabajos necesarios previos al movimiento de tierras y las protecciones requeridas para ejecución de las obras contra el efecto de las aguas.

3.2.1.4 Trabajos previos

1.- Antes de iniciarse el diseño, debe realizarse un levantamiento topográfico suficiente a efectos de proyecto, mediciones y presupuesto de preparación del terreno y movimiento de tierras.

2.- El levantamiento topográfico se regirá por la especificación SP-191 'Topografía y Replanteo; Geotécnica y Mecánica de Suelos'.

3.- Se atenderá al juicio del Ingeniero Proyectista para la necesidad o no de obtener un informe geotécnico del terreno. En caso de que fuera necesario realizar dicho informe geotécnico, la ejecución de trabajos pertinentes y elaboración del mismo, se regirán por la especificación Sn SP-191 'Topografía y Replanteo; Geotécnica y Mecánica de Suelos'.

3.2.1.5 Deforestación, destocoado, desbroce y limpieza

a) DEFINICIONES

1.- Deforestación para los efectos de esta especificación es la acción de tala y retirada de árboles.

2.- Destocoado es la acción de corte y retirada de tocones y raíces del terreno.

3.- Desbroce es la acción de corte y retirada de malezas y arbustos.

4.- Limpieza para los efectos de esta especificación es la retirada de las zonas afectadas de todo material indeseable no incluido en las definiciones anteriores.

b) Los límites de las áreas que deben ser objeto de los trabajos de desforestación, destocoado, desbroce y limpieza, se definirán en los planos del proyecto. Además de las áreas indicadas en planos, el Director de Obra definirá otras áreas para estos trabajos en función de las necesidades instalaciones provisionales de obra.

c) Salvo autorización expresa del Director de Obra, no se utilizarán para la obra los elementos y residuos obtenidos de los trabajos de deforestación, destocoado, desbroce y limpieza.

d) Los elementos y residuos obtenidos de los trabajos de este capítulo, seguirán la suerte que el Director de obra decida:

- Autorizando que sean quemados, una vez que sean tomadas todas las precauciones necesarias para evitar los riesgos de propagación de incendios y obtenidos, si procede, los permisos pertinentes de las autoridades.

- Ordenando su retirada del emplazamiento de la obra al vertedero adecuado.

- e) En las zonas de construcción propiamente dicha, el destoconado será completo. Es decir, se llevará hasta la profundidad que sea necesaria para extraer todos los elementos vegetales.

3.2.1.6 Control de las aguas

1.- Se refiere este capítulo a la protección de los trabajos contra la acción de las aguas durante la etapa de construcción de las obras.

2.- Las obras de protección permanente contra las aguas no son objeto de esta especificación.

3.- Entre las obras que pueden requerirse para protección contra las aguas se encuentran:

- Mantenimiento en seco de excavaciones.

- Drenajes y cunetas de guarda.

MANTENIMIENTO EN SECO DE EXCAVACIONES

1.- Toda excavación que se ejecute para recibir obras de hormigón o mampostería de pozos de cimentaciones, zanjas para canales o tuberías, fosos para sótanos, socaves o similares deberá mantenerse lo suficientemente seca para permitir que estas obras se construyan con las debidas garantías de seguridad y calidad.

2.- El Director de Obra deberá asegurarse de que el contratista disponga, de manera permanente y en buen estado de operación, de los equipos (bombas de achique,...) y elementos auxiliares (mangueras, tuberías, accesorios,...) necesarios para el mantenimiento en seco de las excavaciones.

3.- Los trabajos de excavación, salvo indicación contraria, se ejecutarán en seco. Con este propósito, las aguas se conducirán hasta las obras de evacuación por zanjás con una profundidad tal que el nivel de las aguas se mantenga por debajo de la cota de apoyo de cimentaciones, de losas o de obras de fábrica.

4.- En determinados casos, previa autorización del Director de Obra, se podrán ejecutar las excavaciones bajo el agua.

5.- Donde puedan presentarse filtraciones importantes de agua, se adoptarán medidas que impidan la inundación, ejecutando, por ejemplo, perforaciones en el frente de ataque para detectar la posible presencia de agua a presión y atajarla.

6.- El Director de Obra y/o Contratista propondrán, cuando se requiera, métodos recomendados de evacuación de aguas que aparte de los ya indicados de achique por bombeo y zanjás de recalada, puede incluir: cunetas de guarda, cunetas con pozos colectores, drenes de arenas. etc.

3.2.1.7 Explanación del terreno

La actividad de explanación del terreno consiste en:

- Retirada de tierra vegetal.
- Nivelación por corte o terraplenado.
- Nivelación por relleno.

No obstante, cabe especificar, para cuando sea preciso que:

- 1.- La retirada de tierra vegetal sea hasta una profundidad que elimine, dentro de lo posible, la reproducción de materia vegetal.
- 2.- La explanación se ejecute a las cotas y rasantes, y con las dimensiones especificadas en los planos.
- 3.- Los talúdes que quedarán expuestos de manera definitiva deben taluzarse y peinarse utilizando pala mecánica o pala manual.
- 4.- Los productos de las operaciones de explanación que no sean para terraplenado o relleno se transportarán, salvo indicación en contra, a vertedero fuera de los límites de la obra. La tierra vegetal, a criterio del Director de Obra, podrá acoplarse en el sitio para uso futuro en tareas de jardinería.

5.- La compactación de los rellenos se efectuará por capas de unos 30 cms. al 95% del Proctor Modificado empleando material seleccionado que en parte o en su totalidad podrá ser producto de las excavaciones y el resto de préstamo. El Director de Obra decidirá sobre este extremo.

3.2.1.8 Excavaciones y desmontes

1.- Por excavación, en esta especificación, se entiende esta operación para pozos o zanjales de cimentación, zanjales para canales o tuberías, cortes a media ladera y fosos para instalaciones enterradas como sótanos, socacos, etc. una vez que se han finalizado las operaciones de desbroce.

2.- Durante la ejecución de los trabajos se debe examinar con frecuencia, sobre todo si se trata de voladuras, los taludes de los cortes y adyacentes; llevando a cabo las obras de saneo necesarias con la mayor celeridad posible para evitar el deterioro que suele aumentar con el tiempo de exposición.

3.- Los fondos de excavaciones deberán quedar totalmente limpios y nivelados a las cotas establecidas en los planos.

4.- Las excavaciones serán realizadas de acuerdo con planos en cuanto a forma y dimensiones y los laterales se mantendrán estables con apuntalamientos y entibaciones, si fuera necesario.

5.- Aunque el proyecto no lo haya previsto, será obligación del contratista el adoptar las medidas necesarias para prevenir:

- a) Los efectos de las excavaciones sobre obras existentes o por construir.
- b) Las consecuencias sobre la estabilidad de los taludes.
- c) Los efectos sobre las condiciones de drenaje de agua.
- d) Los efectos sobre el aspecto final del emplazamiento.

6.- Se prohíbe todo vertido incontrolado en el cauce de los ríos y arroyos.

7.- No se iniciarán los trabajos de hormigonado o mampostería en las excavaciones hasta que hayan sido inspeccionados fondo y laterales, obteniéndose luego la autorización expresa de la Dirección de Obra para continuar.

8.- Si durante las obras de excavación, o como resultado de la Inspección, se detectaran cavidades, materiales descompuestos, meteorizados o meteorizables en fisuras, se retirarán estos materiales, efectuándose un saneado por procedimientos manuales, por chorro de aire, por lavado a presión con mezcla de aire o agua u otro método -en todo caso, la operación se efectuará con autorización del Director de Obra. A continuación, lo más pronto posible, se rellenarán las cavidades y fisuras con mortero seco.

9.- Se podrá emplear sistemas de excavación clasificada o no clasificada, es decir, clasificando las tierras por su dureza o admitiendo una única categoría (no clasificada) de 'todo terreno'.

Para excavación clasificada, se consideran tres tipos generales dentro de los cuales pueden existir subtipos:

- Excavación en roca: cuando los materiales están cementados fuertemente, de manera que su excavación se realiza con explosivos, salvo casos especiales.
- Excavación en tierras de tránsito: comprende desde roca meteorizada o descompuesta hasta tierras semiduras o muy compactas; no siendo necesarios el uso de explosivos, sino el empleo de excavadoras pesadas.
- Excavación en terreno blando: la no incluida en los tipos anteriores; puede realizarse a máquina o a mano.

10.- Por su configuración se desglosan las excavaciones en:

'A cielo abierto', 'En pozo', 'En zanja', 'En trinchera' y 'A media ladera'.

11.- Dependiendo del sistema de contratación elegido, las clasificaciones y desgloses anteriores podrán dar lugar a partidas diferenciadas a efectos de medición y abono.

3.2.1.9 Rellenos y terraplenes

Se distinguen en este capítulo dos tipos de rellenos y terraplenes:

- a) Rellenos ordinarios: en terrenos con pendientes cuando la rasante final se encuentra a cota superior a la del terreno natural; este tipo de relleno se tratará en

esta especificación para casos de terraplén a media ladera para apoyo de obras (canal) y para caminos de acceso a la central.

b) Rellenos en sobre-excavaciones: de aplicación cuando se ha excavado a mayor profundidad de la cota de apoyo o entre paramentos y bordes de excavación (rellenos trasdosados).

TERRAPLEN A MEDIA LADERA

1.- Se aplica para apoyo de obras cuando las características del terreno lo aconsejan por no ser viable física o económicamente el retranquear la obra para efectuarla en desmonte o excavación.

2.- Siempre que se vaya a efectuar un terraplén a media ladera se retirará la tierra vegetal y todo material inadecuado en toda el área de apoyo del terraplén.

3.- Una vez retirada la capa vegetal, se procederá a extender los materiales de terraplenado en tongadas uniformes de un espesor tan reducido como sea necesario para obtener un grado de compactación con una densidad no menor al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Nonnal según NLT-107/72 (Norma del Laboratorio de Transportes). Los materiales procederán de tierras disponibles y escogidas de excavaciones locales, a no ser que la Dirección de Obra los considere inadecuados, y estarán exentos de materia orgánica y detritus.

4.- No se ejecutarán terraplenes cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea menor de dos grados centígrados.

TERRAPLEN PARA CAMINOS DE ACCESO

Se retira la tierra vegetal y los materiales inadecuados y se extiende y compacta el material adecuado.

RELLENOS TRASDOSADOS A MAMPOSTERIA y HORMIGONES

1.- Se verterá el relleno por capas no mayores de 40 cms. y uniformes para evitar sobrecargas localizadas contra los paramentos. El grado de compactación estará en función de la importancia de la obra que se trate y del uso que se vaya a dar al relleno- los planos del proyecto lo indicarán y, en su defecto, dictará el Director de Obra.

2.- Se preverán los drenajes necesarios para evitar el estancamiento detrás de paramentos ocultos, colocando mechinales cuando sea preciso y previa consulta con el Director de Obra.

3.- El Director de Obra indicará si ha de preverse relleno drenante en los trasdoses. Este material sería de piedra y grava con tubo de evacuación de hormigón poroso.

4.- Salvo autorización expresa no se permitirá el extendido y compactado de estos rellenos hasta que hayan transcurrido 14 días desde la terminación de la mampostería u obra de hormigón que les sirve de retención.

RELLENOS POR SOBREEEXCAVACIÓN

1.- En casos de poca importancia estructural y de riesgo reducido, podrá recuperarse la cota de apoyo mediante relleno compactado empleando materiales sobreexcavados.

2.- En los demás casos, el Director de Obra podrá optar por rellenos especiales, hormigones ciclópeos, hormigones en masa.

3.2.1.10 Método de evaluación de los trabajos

1.- Deforestación, desbroce, destocoado y limpieza: se abonará por metros cuadrados (m²) medido sobre plano en proyección horizontal de áreas.

2.- La retirada de tierra vegetal en áreas de excavación podrá medirse en metros cúbicos sobre perfiles transversales o bien por metros cuadrados por superficie y espesor medio, pactado entre Dirección de Obra y Contratista. En áreas de terraplén la retirada de tierra vegetal estará incluida en las unidades presupuestarias de terraplenado.

3.- La excavación se abonará por metros cúbicos medidos sobre perfiles transversales de terreno obtenidos de los planos topográficos firmados y de planos que se levanten con la configuración final; de estos volúmenes se descontará la cantidad que hubiese correspondido a tierra vegetal.

En las excavaciones en zanjas y pozos pueden existir 'excesos inevitables', es decir, sobreanchos de excavación requeridos para la ejecución de las obras y que deberán contar con la aprobación del Director de Obra. Los 'excesos inevitables' se sumarán a los volúmenes de excavación a efectos de abono, si han contado con la aprobación de la Dirección de Obra. Los excesos, fruto de errores o que no hubieren contado con la aprobación del Director de Obra, no serán contabilizados a efectos de abono.

4.- Los terraplenes se abonarán por metros cúbicos (m³) medidos sobre perfiles transversales del terreno obtenidos de los planos topográficos firmados y de planos que se levanten con la configuración final; a estos volúmenes se añadirá la cantidad que se hubiera excavado de tierra vegetal y material inadecuado para el asiento del terraplén.

5.- Los rellenos se abonarán por metros cúbicos (m³) medidos sobre perfiles transversales efectuados con topográfica antes y después de su colocación.

Los excesos de relleno que se produzcan por errores en la excavación anterior no serán contabilizados a efectos de abono.

6.- La carga, movimiento y extendido de material sobrante de excavaciones en sitios cercanos a éstas, estarán incluidos, a efectos de abono, en las partidas de excavación.

La carga, transporte y descarga en vertedero de materiales sobrantes de excavación, cuando la distancia tajo a vertedero sea mayor de 500 metros se abonará por un volumen igual a la resta de cantidades de excavación menos relleno y terraplén en los que se lía empleado material de excavación; los volúmenes de relleno y terraplén estarán incrementados por un factor de 1,2 por compactación. La resta resultante se incrementará en un 15% por esponjamiento en los casos de materiales que sufren este fenómeno. Las distancias se medirán por kilómetro (km.). Por tanto, la unidad de medida será el metro cúbico - kilómetro.

3.2.2 Especificación general de ejecución de obras y estructuras de hormigón

3.2.2.1 Objeto y alcance

Se entiende en esta especificación por 'hormigón' el material compuesto por cemento, áridos fino y grueso, agua y ocasionalmente aditivos, mezclados en las cantidades y forma adecuados para brindar, al fraguar las características prescritas. Los hormigones ciclópeos contienen además piedra o roca sana que se añaden directamente a la masa vertida.

1.- Esta especificación pretende dar las directrices principales para el proyecto y los requisitos para la ejecución de las obras y estructuras de hormigón, sea en masa,

ciclópeo o armado, al igual que las cantidades y calidades de los materiales que se emplean en estas obras.

2.- Su campo de aplicación se limita a las obras de hormigón que se encuentran habitualmente en el proyecto y ejecución de Parques Eólicos.

3.- En su alcance, además de las características que deben cumplir los hormigones, se encuentra la definición y los requisitos para trabajos y materiales relacionados con las obras de hormigón:

- Áridos, cemento, agua, aditivos y tareas de transporte, acopio y hormigonado.
- Encofrados y tareas de encofrar y desencofrar.
- Armaduras y tareas de colocación de la ferralla.

4.- No se incluyen en el ámbito de esta especificación los requisitos de diseño y proyecto de estructuras de hormigón y hormigón armado, sino únicamente de su "ejecución".

3.2.2.2 Normas, códigos y otras especificaciones

1.- Los códigos aquí mencionados serán siempre de aplicación al trabajo, a no ser que se indique lo contrario en los planos del proyecto, o en el Pliego de Condiciones Particulares.

2.- Todos los métodos de construcción contemplados, procedimientos de prueba y control de materiales, al igual que cualquier trabajo imprevisto o adicional como transporte, montaje, etc., estarán de estricto acuerdo con la última versión de la 'Instrucción Española para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón en masa o armado' (EH) y EH-PRE de Hormigón Preparado.

3.- Todos los materiales que entren en la formación de la obra y para los cuales existan normas oficiales establecidas en relación con su empleo en las Obras Públicas, deberán cumplir con las ediciones que estén en vigor en la fecha de ejecución de la obra, a no ser que exista otra norma, se cumplirá con el vigente 'Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos' (RC).

4.- Se aplicarán las normas UNE correspondientes a distintos materiales y ensayos. En esta especificación se mencionan de forma no exhaustiva algunas de las normas UNE que han de aplicarse.

3.2.2.3 Hormigones

MATERIALES

1.- En general:

- a) Tal como se indica en el punto 2, se cumplirán las normas oficiales en vigor, en lo referente a los materiales componentes del hormigón.
- b) El proyecto precisará, cuando sea necesario, la calidad de cada material entre aquellos que estén previstos en las normas a que hace referencia el apartado anterior.

2.- Cementos

- a) Para asegurar una apariencia uniforme, todo el cemento empleado para el hormigón en superficies expuestas de una obra o estructura será de la misma marca, si es posible.
- b) El cemento estará libre de grumos y no se empleará ningún cemento que haya sufrido un fraguado parcial o que haya estado almacenado en el emplazamiento más de treinta (30) días. El periodo de almacenamiento, sin embargo, puede extenderse a discreción del Director de Obra, si condiciones de almacenamiento garantizan su inalterabilidad.
- c) Si el cemento es transportado a granel, estará protegido durante el transporte de toda alteración que le puedan ocasionar los agentes atmosféricos.

- d) Los silos y lugares de almacenamiento estarán completamente cerrados y al abrigo de la humedad. Los sacos descansarán sobre una plataforma elevada. Se adoptarán las disposiciones necesarias para que los lotes de conglomerante de procedencia o calidad diferentes no se mezclen, así como para que sean utilizados por el orden de llevada.
- e) Deben efectuarse los ensayos que el Director de Obra considere necesarios para comprobar que las características correspondan a lo requerido.
- f) El cemento para toda obra de hormigón será cemento P-350 Portland de 350 Kp/cm² de resistencia a compresión a los 28 días, y cumplirá con las normas del capítulo 2, a no ser que se especifique otra.

3.- Áridos

- a) Los áridos serán gruesos (piedra machacada, grava) y finos (arena natural). La aceptación del árido será determinado por el Director de Obra en base a los informes de pruebas.
- b) Los áridos para la fabricación de morteros y hormigones serán duros, sanos, no heladizos, inalterables, limpios, desprovistos mediante lavado, si es preciso, de arcilla y de todo detritus orgánico y terroso y cuidadosamente cribados. A no ser que se apruebe expresamente lo contrario por el Director de Obra, los áridos (arena y grava) no contendrán elementos planos, largos o con aristas en forma de aguja.

- c) Los áridos no pueden contener materiales que puedan afectar a la adherencia de la pasta de cemento. Carecerán también de materiales susceptibles de alterar los conglomerantes o las armaduras.
- d) El transporte, descarga y almacenamiento de los áridos debe realizarse de tal manera que se evite la separación de tamaños. Todos los áridos en la mezcladora tendrán las mismas proporciones aprobadas de granulometrías de áridos. Los áridos más finos serán almacenados al abrigo de la lluvia. El Director de Obra precisará el límite por debajo del cual se tomarán dichas precauciones.
- e) Los áridos finos pasarán por el tamiz S-UNE, los gruesos son los retenidos por este tamiz.

4.- Agua

El agua empleada en la mezcla del hormigón estará limpia y libre de materias extrañas. Si el suministro de agua fuese cuestionable, se deberán efectuar ensayos de comparación estándar de morteros en laboratorio y los análisis del agua que prescriban las Normas.

5.- Aditivos del hormigón

- a) Los aditivos del hormigón que se empleen serán los especificados más abajo, de acuerdo estricto con las directrices impresas del fabricante y aprobadas por el Director de Obra.

b) Todos los aditivos se llevarán al emplazamiento (para hormigón mezclado in situ) o a la planta de mezclado (hormigón pre-mezclado) en los bidones originales, claramente marcados del fabricante o por entregas a granel. La absorción de aire dentro de estos aditivos no excederá del 3% en volumen.

c) Si lo aprueba el Director de Obra, podrán emplearse aditivos dispersores de cemento, reductores de agua y de densificación para rebajar la permeabilidad del hormigón y aumentar su manejabilidad, siempre y cuando, aunque se reduzca el agua, no se aumente el cemento.

COMPROBACION Y DOSIFICACIÓN

1.- La dosificación de materiales del hormigón será determinada por laboratorio y de acuerdo con las características granulométricas de los áridos, siguiendo los procedimientos clásicos (Fuller Bolomey, Fórmulas Inglesas, etc.).

2.- La composición granulométrica de los áridos estará definida por los porcentajes en peso de las diversas categorías de áridos especificados en el Pliego de Condiciones Particulares del proyecto.

3.- La dosificación del cemento se definirá por el peso en un metro cúbico de hormigón in-situ.

4.- La dosificación del agua se definirá por la cantidad a incorporar en la mezcla seca con la cual se obtiene un metro cúbico de hormigón in-situ.

5.- El contenido de humedad de los áridos se controlará sistemáticamente, en particular los contenidos de humedad en arenas, con objeto de ajustar la cantidad de agua directamente vertida en la hormigonera, si fuese necesario.

6.- La composición de cada tipo de hormigón será propuesta por el contratista para la aprobación del Director de Obra.

7.- Las composiciones deben estudiarse para:

- Obtener la resistencia mecánica mínima estipulada.
- Obtener un hormigón manejable, sin segregación, pastoso y debidamente lisado.

RESISTENCIA Y CONSISTENCIA

1.- Las resistencias características mínimas para cada tipo de construcción serán las que se indican en la tabla bajo el subtítulo 'Propiedades del Hormigón', salvo que se indique lo contrario.

2.- Por 'Resistencia Característica', para efectos de esta especificación, se entenderá lo siguiente:

"Resistencia a la compresión sobre probetas cilíndricas de 15 x 30 cm a los 28 días de edad, fabricadas, conservadas y rotas según métodos normalizados".

3.- Las consistencias para cada tipo de construcción se tabulan bajo el subtítulo 'Propiedades del Hormigón', en la columna 'asiento'.

PUESTA EN OBRA

1.- El transporte del hormigón será el adecuado para evitar la segregación de los componentes o el comienzo de fraguado antes de verterse en el tajo, impidiéndose así también la evaporación y exudación.

2.- Las superficies-de cimentación estarán completamente limpias y secas, salvo en el caso de hormigones sumergidos.

3.- Si las obras se cimentan en roca, ésta se lavará con chorro de aire y agua con una presión mínima de 5 kg/cm², eliminándose el agua que haya quedado en las hoquedades.

4.- No se verterá en caída libre el hormigón desde más de un metro de altura, ni se arrojará con palas a demasiada distancia.

5.- El espesor de las tongadas de hormigón se definirá de acuerdo con la resistencia de los encofrados y la potencia de los vibradores.

6.- El hormigón será asentado por vibración de manera que sea expulsado todo el aire y se asegure el relleno de los huecos, haciendo que el mortero fluya ligeramente a la superficie.

7.- Cuando sea necesario entre distintos vertidos, la superposición de hormigón sobre o contra el anterior vertido requerirá el tratamiento de la superficie de éste como sigue:

La superficie del hormigón antes del fraguado completo del mismo se limpiará cuidadosamente, eliminando la lechada y elementos sueltos, con ayuda de un chorro de aire yagua a una presión mínima de 5 kg/cm². En el caso de que este procedimiento no de resultado, se procederá al picado de la superficie y a un nuevo lavado con chorro de aire yagua. El Pliego de Condiciones Particulares puede limitar la extensión de las zonas donde este picado sea exigible. También puede prescribirse, en superficies horizontales de gran extensión, el establecimiento de juntas de trabajo. En este caso, las superficies de estas juntas, que hubieran sido encofradas, serán picadas antes del nuevo hormigonado.

8.- Después de una parada de larga duración en el hormigonado, la superficie de contacto, antes de reiniciar el hormigonado, se picará y se lavará con chorro de aire yagua y luego se recubrirá con una capa de mortero.

9.- No se hormigonará con temperatura ambiente inferior a cero grados centígrados, o si se prevé descenso en las 48 horas siguientes, por debajo de esta temperatura.

CONSERVACION Y CURADO

1.- El hormigón no deberá soportar ninguna clase de cargas antes que su resistencia alcance un valor suficiente.

2.- El curado del hormigón, destinado a mantenerlo en el estado de humedad necesario para que adquiera un endurecimiento satisfactorio, podrá realizarse por humidificación o por recubrimiento provisional impermeable.

3.- El curado por humidificación deberá durar como mínima una semana. El tipo de obra y su volumen determinarán el medio que debe emplearse; por ejemplo, lonas o esteras con riego ligero y permanente.

4.- Por curado con recubrimiento provisional impermeable se entiende la pulverización de un producto que constituye una protección impermeable y que se aplica al comienzo del fraguado y sobre superficies desencofradas antes de completarse el curado.

CONTROL Y ENSAYOS

1.- Todos los materiales deberán ser objeto de ensayo antes de su empleo, salvo autorización escrita que cambie este requisito.

2.- El contratista tomará las muestras para ensayos, preparará las probetas y las enviará al laboratorio.

3.- La norma oficial en vigor indicará el tipo y el número de ensayos que deben realizarse.

3.2.2.4 Encofrado

MATERIALES

Todos los encofrados de madera y metálicos, apeos, etc., necesarios y requeridos para el trabajo de hormigón en masa o armado, tendrán rigidez suficiente para resistir, sin sensibles deformaciones, los esfuerzos a que estarán expuestos durante los trabajos, incluido el desencofrado.

COLOCACIÓN (ENCOFRADO)

- 1.- Todo el encofrado estará absolutamente limpio y libre de cascarilla, lodo, resto de material inservible, agua depositada, etc. antes de colocar el hormigón.
- 2.- Los encofrados tendrán en cada punto las posiciones y orientaciones previstas a fin de realizar con precisión las formas de la obra.
- 3.- Los encofrados para huecos de empotramiento o anclaje de piezas metálicas deberán colocarse con una tolerancia máxima de 0,02 m. (dos centímetros).
- 4.- Los encofrados serán estancos y sus caras interiores bien lisas. No deberán presentar irregularidades localizadas.
- 5.- Cuando los encofrados contengan un dispositivo de fijación interior al hormigón, este dispositivo estará concebido de tal forma que después del desencofrado ningún elemento de fijación aparezca en la superficie. Los agujeros que puedan subsistir

serán rellenados con mortero adecuado del mismo matiz y color similar. El empleo de amarres con alambres retorcidos estará prohibido para hormigones en contacto con agua y en los paramentos vistos.

6.- En todos los casos, las juntas serán estancas, no deberá aparecer ninguna rebada al desencofrar.

7.- Inmediatamente antes de la colocación del hormigón en obra, los encofrados se limpiarán con cuidado, de tal manera que queden limpios de polvo y de residuos de cualquier clase. En caso de necesidad, para facilitar la limpieza e inspección de las partes de difícil acceso, como los fondos y ángulos de los encofrados, se dejarán ventanas con cierre móvil.

8.- Los productos destinados a regularizar la superficie o a facilitar el desencofrado no deberán teñir los paramentos.

RETIRADA (DESENCOFRADO)

1.- No se retirarán apeos o puntales, ni se desencofrará hasta la terminación de los plazos fijados por la Dirección de Obra.

2.- Las operaciones de desencofrado se llevarán a cabo sin golpes violentos, procurando no dañar la superficie del hormigón.

3.- Después de desencofrar, se quitarán las rebabas, pero no se autorizará el arreglo de coqueras más que en casos excepcionales.

3.2.2.5 Materiales / Acero para armar

MATERIALES

1.- Todo el acero para armar será de barras corrugadas y de acero de adherencia mejorada.

2.- Se empleará acero con un límite elástico aparente mínimo de 4.200 kp/cm² para todas las barras corrugadas de refuerzo y de 5.000 kp/cm² para mallas electrosoldadas.

3.- El acero de armaduras se colocará con exactitud y se asegurará adecuadamente en su posición mediante ataduras, sillados o separadores metálicos o de hormigón. El acero para armar se fijará a los soportes mediante ataduras aprobadas. Los soportes asegurarán el acero para armar tanto vertical como horizontalmente.

4.- Las superficies de los redondos no presentarán asperezas susceptibles de herir a los operarios y estarán exentas de pelos, estrías, grietas, sopladuras, pintura, aceite, suciedad, cascarilla, cemento, tierra y otros defectos perjudiciales a la resistencia de acero.

COLOCACION DE FERRALLA (ARMADO)

- 1.- Los redondos serán doblados con ayuda de plantilla en frío.
- 2.- Las armaduras tendrán exactamente las dimensiones y formas prescritas y ocuparán los lugares previstos en los planos de ejecución.
- 3.- Las desviaciones toleradas en la posición de cada armadura no pasarán de 0,006 m. (seis milímetros).

3.2.2.6 Método de evaluación de los trabajos

- 1.- El hormigón de obra aceptado se medirá para su abono en metros cúbicos sobre planos de proyecto. El precio incluirá el suministro de los materiales que componen el hormigón, su mezcla, transporte, vertido, vibrado, curado y los ensayos prescritos.
- 2.- El acero para armar, sea en barras o en mallazo, se medirá en kilogramos (Kg.) según planos de proyecto. El precio incluirá solapes, despuntes, ataduras, separadores y soportes de la armadura.
- 3.- El encofrado se medirá por metros cuadrados de superficie de hormigón medida sobre plano de proyecto y que haya estado en contacto con el encofrado. Se incluirá en el precio apeos, riostras y puntales, la retirada de éstos y el desencofrado.

3.2.3 Especificación general de instalaciones de media y baja tensión.

3.2.3.1 Conductores

Se refiere el presente capítulo a las características y condiciones de instalación de los conductores de los siguientes circuitos:

Señalización y maniobra aerogeneradores - puesto central de control

Potencia aerogeneradores - Centros de transformación

Potencia generación - Transformadores 1800 kVA (lado BT-660 V)

Conexión interior transformador - aparellaje distribución secundaria

Interconexión en 20 kV. distribución secundaria

Interconexión en 20 kV. distrib. secundaria - distribución primaria Red de tierra para las diferentes instalaciones y aerogeneradores

Los conductores de baja tensión serán unipolares de cobre, de sección adecuada a la intensidad a transportar, y la sección mínima del conductor de tierra será la fijada por la MIE BT 004, 007 y 017. El aislamiento será de polietileno reticulado (XLPE) para un nivel de 0,6/1 kV. Y recubrimiento de PVC color negro. Deberán llevar grabada, de forma ineludible, la identificación del conductor y nombre del fabricante. Los

empalmes se realizarán a base de manguito metálico con unión a presión de la parte conductora, sin debilitamiento de sección ni producción de vacíos superficiales. Todos los conductores estarán identificados en los extremos mediante codificación numérica de borna y equipo receptor, reflejándose en planos de cableado.

Los conductores de Media Tensión serán de aluminio unipolares y apantallados sin armadura, de sección adecuada a la intensidad máxima de transporte. El material de aislamiento será etileno-propileno y para un nivel de aislamiento de 15125 kV. La pantalla del conductor se utilizará para tener a lo largo de toda la instalación un conductor de tierra de sección equivalente a una fase y estarán unidas eléctricamente entre sí. La cubierta exterior de los conductores será de policloruro de vinilo (PVC) de color rojo para identificación en caso de proximidad con otros conductores. Deberá llevar grabada, de forma indeleble, cada 30 cm. la identificación del conductor, nombre del fabricante y año de fabricación; tal y como se indica en las normas UNE 21.123 R.U.3.305.

Para la ejecución de empalmes se podrá utilizar para interior Kit terminal o cono deflector, debiéndose utilizar para exterior botella terminal de cono premoldeado o terminal para exterior con aislador de porcelana. Estarán constituidos por un manguito metálico que realice la unión a presión de la parte conductora, sin debilitante de sección ni producción de vacíos superficiales. El aislamiento será reconstruido a base de cinta semiconductora interior, cinta autovulcanizable, cinta semiconductora capa exterior, cinta metálica de reconstrucción de pantalla, cinta para compactar, trenza de tierra y nuevo encintado de compactación final, o utilizando materiales termorretráctiles, o premoldeados u otro sistema de eficacia equivalente.

Las características-básicas de los conductores a emplear, que responderán a las especificaciones que establecen las normas internacionales en vigor, de acuerdo con la tensión y condiciones de servicio a que vayan destinados, son las siguientes:

Circuitos de comunicaciones

Naturaleza del conductor Cobre

Tipo de conductor Multipolar (3x2x0,5)

Nivel de aislamiento 0,75 kV

Material de aislamiento PVC

Cubierta Poliester

Pantalla Metálica

Recubrimiento pantalla PVC

Armadura Malla de acero

Cubierta de armadura Polietileno

Circuitos de potencia 0,611 kV

Naturaleza del conductor Cobre

Tipo de conductor Unipolar/Tripolar

Nivel de aislamiento 0,6/1 kV

Material de aislamiento XLPE

Circuitos de potencia 20 kV

Las características básicas que definen los conductores a emplear en las redes de 20 kV son las siguientes:

Naturaleza del conductor Aluminio

Tipo de conductor Unipolar-Campo Radial

Nivel de aislamiento 15/25 kV

Material de aislamiento XLPE

Pantalla Malla de Cu

Cubierta PVC (rojo)

Normas UNE 21123 IEC502

Cubierta de armadura Polietileno

Las pruebas y ensayos a los que deberán ser sometidos los conductores a instalar en la instalación eléctrica de B.T. y M.T. del parque, serán al menos las siguientes:

Baja Tensión

El fabricante facilitará un acta de pruebas realizado por entidad colaboradora y someterá a los cables a los siguientes ensayos:

- a) Prueba de tensión a frecuencia industrial.
- b) Medida de la resistencia eléctrica de los conductores.
- c) Medida de la resistencia de aislamiento.
- d) Medida de espesores de aislamiento y cubiertas.
- e) Comprobación de la reticulación del aislamiento.

El Contratista realizará, en campo, los siguientes ensayos:

- a) Medida de la resistencia de aislamiento (en bobina).
- b) Medida de resistencia de aislamiento (montado).
- c) Prueba de continuidad.
- d) Ensayo de rigidez dieléctrica.

Media Tensión

El fabricante facilitará un acta de pruebas realizado por entidad colaboradora y someterá a los cables a los siguientes ensayos:

- a) Prueba de tensión a frecuencia industrial.
- b) Medida de la resistencia eléctrica de los conductores.
- c) Ensayo de descargas parciales.
- d) Verificación de las características geométricas.
- e) Medida de la resistencia de aislamiento a temperatura ambiente.

El Contratista realizará, en campo, los siguientes ensayos para cada cable:

- a) Prueba de continuidad.
- b) Ensayo de tensión.

Todos los ensayos se realizarán de acuerdo con la NORMA UNE 21-123 y serán efectuados en presencia de un inspector designado al efecto por la Ingeniería. Las actas correspondientes estarán firmadas por las partes.

3.2.3.2 Centros de transformación

Hace referencia el presente capítulo a los centros de transformación que recibirán la energía-de los distintos agrupamientos de aerogeneradores.

Los centros de transformación serán todos de igual diseño, variando únicamente el número de cabinas de distribución secundaria que se ubican.

La potencia de transformación será de 2000 kVA en todos los casos, proyectándose armarios de distribución en 660V para 5 salidas.

En los referidos C.T. se centralizará la potencia correspondiente a la generación a 660 V., la transformación de potencia 0,66/120 kV, la transformación auxiliar 0,66/0,23 kV Y el aparellaje de interconexión y maniobra del C.T. con la red de 20 kV.

En los centros de transformación la unidad transformadora estará situada en el exterior y el aparellaje de protección y maniobra se ubicará en edificio prefabricado de hormigón.

Edificaciones

Los edificios serán prefabricados y de composición modular, estarán contruidos a base de fondo monobloque y paneles de hormigón armado, ensamblados y sellados con juntas de neopreno, de forma que se impida el riesgo de filtraciones. Todos ellos serán de ventilación natural.

Estarán provistos de orificios para el paso interior al exterior de los cables y conductores correspondientes (puestas a tierra, líneas de B.T. y líneas de M.T.), asimismo, se preverán los taladros para el anclaje de los equipos eléctricos. Presentarán las siguientes características:

Cimentación Lecho de arena nivelada

Montaje Elementos atornillados

Construcción Hormigón armado

Resistencia 250 kg/cm²

Estanqueidad Juntas de neopreno

Dimensiones 4000 x 2560 x 231

Transformadores

Las unidades transformadoras de 0,66/20 kV serán de instalación exterior y de 2000 kVA de potencia aparente, para una tensión de 24 kV Y sistema de refrigeración en aceite, servicio continuo y pérdidas reducidas. Se ha de tener en cuenta que se trata de una aplicación de generación.

Dispondrán de una placa de identificación, donde se indique el nombre del constructor, tipo de transformador, número de serie, potencia y frecuencias nominales, tensiones y peso.

Sus características más importantes serán las siguientes:

Normas CEI (UNE)

Servicio Intemperie

Bornas Protegidas IP-55

Construcción cuba + depósito expansión + radiadores desmontables

Potencia 2000 kVA

Refrigeración ONAN

Frecuencia 50 Hz

Aislamiento 24.000 V

Tensión nominal primario 20.000 V

Tensión nominal secundario 660 V

Grupo de conexión Dyn 11

Regulación en vacío -10% y +5%

Refrigerante aceite

Tensión de ensayo con onda de choque 1.2/50s.KV cresta

Tensión de ensayo 50 Hz 1 minuto 50 kV

Máxima elevación temperatura en devanados sobre 30°C : 65°C

Tensión de cortocircuito $< \text{ó} = 8\%$

Cada una de las máquinas transformadoras dispondrá de dispositivos de llenado, vaciado y toma de muestras, válvula de alivio de sobrepresión, depósito de expansión

y ruedas así como, termómetro de esfera, resistencia de puesta a tierra, termostato y relé Buchhold y caja de centralización de conexiones IP-55.

Los transformadores de potencia serán sometidos como mínimo a los siguientes ensayos, de acuerdo con la norma ANSI sobre ensayos de transformadores: C57.12.90-193 y C57.12.00-1973.

Ensayo tensión aplicada CEI

Ensayo tensión inducida CEI

Ensayo onda de choque CEI

Ensayo grupo de conexión, rele., transf. y polaridad

Determinación tensión cortocircuito

Determinación pérdidas cortocircuito

Determinación pérdidas en vacío

Medida de resistencia

Ensayo de puesta a tierra

Test dieléctrico. Estanqueidad de cuba

Medida de nivel de ruido

Verificación de sistemas de protección

Calentamiento por sistema indirecto

Celdas de media tensión

Sección de celdas de protección y maniobra que se ubicarán en cada centro de transformación. Estará compuesta por cuatro unidades con las siguientes funciones:

- Celda llegada de línea (interrupc.-secc.SF6+secc.p.a.t.+autoválvulas)
- Celda salida de línea «interrupc.-secc.SF6+secc.p.a.t.)
- Celda de protección (interrupc.-secc.SF6+fusibles+secc.p.at.)
- Celda de serv. aux. (interrupc.-secc+trafo 1500VA 2010,23kV)

Se utilizarán celdas prefabricadas y modulares, que se ajustarán a las normas UNE, CEI y las recomendaciones UNESA correspondientes. Estarán diseñadas para su utilización en instalaciones interiores (IP305).

Estarán construidas a base de chapa de acero de alta calidad, plegada, formando un conjunto mecánicamente resistente frente a los esfuerzos originados por las vibraciones normales de operación y por posibles esfuerzos electrodinámicos.

Las celdas que formen una sección de maniobra y protección deberán estar separadas eléctrica y mecánicamente, a fin de asegurar su independencia y evitar la propagación de efectos entre celdas contiguas. Las puertas de acceso permitirán la manipulación, montaje y desmontaje del aparellaje.

Deberán estar diseñadas para soportar, sin deformación, los efectos explosivos de un cortocircuito en el interior de la celda.

La observación del estado de conexión del aparellaje podrá hacerse de forma directa, a través de una mirilla protegida por una placa con el adecuado grado de protección frente al impacto.

Con el fin de impedir maniobras prohibidas, las celdas dispondrán, entre otros sistemas de seguridad, de los correspondientes enclavamientos mecánicos.

Se establecerá un circuito de puesta a tierra anclado en la estructura de las celdas conectándose a este sistema los herrajes y las partes móviles por medio de trenzas flexibles de cobre.

Cumplirán al menos las siguientes especificaciones:

Tensión asignada 24 kV

Tensión aislamiento (50 Hz) 1 50 kV

Tensión seccionamiento (50 Hz) 1 60 kV

Tensión tipo rayo aislamiento 125 kV cresta

Tensión tipo rayo seccionamiento 145 kV cresta

Intensidad asignada 400 A

Una vez terminada su instalación deberán ser sometidas a las siguientes pruebas:

- Operación mecánica sin tensión en el circuito principal.

- Operación mecánica de los elementos móviles y enclavamientos.
- Pruebas de disposit. auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Ensayo a frecuencia industrial del circuito principal, UNE 20099.
- Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo a onda de choque.
- Verificación del grado de protección.

Aparellaje de media tensión

Se describen en este apartado los elementos principales de corte y protección en 20 kV que habrán de disponerse en cada centro de transformación y alojados en sus correspondientes celdas:

Interruptores – seccionadores

Será de accionamiento manual con sus correspondientes enclavamientos que impidan falsas maniobras, estando la función de corte asociada a la de seccionamiento. Dispondrá de seccionador de puesta a tierra con poder de cierre sobre cortocircuito (2,5 veces la intensidad asignada de corta duración admisible).

Se utilizarán exclusivamente para operaciones manuales de corte en carga y sus principales características serán:

- Dieléctrico Hexafluoruro de azufre
- Tensión nominal 24 kV.
- Intensidad nominal 400 A.

de prueba (50 Hz) 50 kV

de prueba (Impulso) 125 kV

Los interruptores - seccionadores estarán provistos de cuchillas de puesta a tierra y su accionamiento será manual.

Seccionadores

Se utilizarán exclusivamente para cortes en vacío y siendo sus principales características las siguientes:

- Tensión nominal 24 kV
- Intensidad nominal 400 A.
- Tensión de prueba (50 Hz) 50 kV
- Tensión de prueba (Impulso) 125 kV

Interruptores automáticos

Serán de accionamiento manual y basando su principio de corte en la autocompresión del SF6. La envolvente y estanqueidad será la definida en la recomendación CEIU 56.

Se utilizarán para protección y desconexión en carga, y presentarán las siguientes características:

- Dieléctrico Hexafloruro de azufre.
- Tensión nominal 24 kV
- Intensidad nominal 400 A
- Poder de corte 500 MVA
- Tensión de prueba (50 Hz) 50 kV
- Tensión de prueba (Impulso) 125 kV

Cartuchos fusibles

Se utilizarán para protección en M.T. de los transformadores 20/0,66 kV

Sus características principales serán:

- Intensidad nominal 100 A
- Tensión nominal: 20 kA

Interruptor general automático

Su función específica es la separación y protección en 660 V de un agrupamiento de 5 aerogeneradores y la protección de baja del transformador de potencia correspondiente de 2000 kVA.

Será un aparato de instalación fija y accionamiento automático con cierre y apertura manual, de corte omnipolar y con las siguientes características:

- Intensidad nominal 2.000 A.
- Tensión nominal 660 V
- Tensión de aislamiento 1.000 V

Interruptores - fusibles

Se dispondrá de un interruptor-fusible para protección y seccionamiento de cada línea de generación, instalado en barras de 660 V. de accionamiento manual y bastidor fijo.

Serán de corte omnipolar, siendo sus principales características:

- Intensidad nominal 400 A.
- Tensión nominal 660 V
- Tensión de aislamiento 1kV

- Potencia nominal de utilización 330kW.
- Tomas de corriente 230 V. (serv. auxiliares).
- Media (tensión, intensidad y potencia por c/ud. de /generación).

Sus características más importantes serán:

- Tensión de empleo máxima: 1 kV
- Tensión de aislamiento: 1 kV
- Intensidad nominal: 3.000 A
- Corriente de cresta admisible: 145 kA

El grado de protección de los armarios será IP559 y los soportes de piezas bajo tensión serán de material autoextinguible a 960.

Aparellaje de baja tensión

Se describen en este apartado los elementos principales del aparellaje de baja tensión en 660 V que habrán de disponerse en cada centro de transformación y alojados en el correspondiente cuadro general de protección:

Armarios distribución y protección de baja tensión

La distribución y protección en baja tensión se dispondrá en embarrado tripolar de cobre adecuado a la intensidad nominal e intensidad de cortocircuito del

transformador. El embarrado principal tendrá, como mínimo, la misma capacidad de carga que el interruptor principal.

Los elementos de protección y maniobra se alojarán en unidades modulares y prefabricadas construidas en chapa electrozincada, protegida y pasivada de 15110 mm. de espesor mínimo con revestimiento de pintura epoxi y poliéster. Todos los fondos, techos y paredes laterales serán elementos separados, extraíbles y dotados de juntas de estanqueidad y permitirán ampliación por extensión de sus armaduras.

Donde quiera que haya una unión entre barras, éstas estarán plateadas y atornilladas de acuerdo con normas DIN. Todos los embarcados, cables, terminales y conexiones estarán diseñadas para una capacidad de 1,5 veces la del interruptor principal a plena carga.

El panel de cada centro de transformación será de dimensiones y módulos suficientes para alojar básicamente las siguientes unidades funcionales:

- Una protección general automática de 2.000 A.
- Cinco protecciones interruptor-fusible de 400 A.
- Una protección interruptor-fusible de 10 A.

Servicios auxiliares

Se dispondrá de tensión 380/220 V para alumbrado, tomas de corriente y servicios auxiliares en todos los centros de transformación. Para ello se instalará un transformador Tripolar 660/1380-200V de 5.000 VA de potencia.

Será moldeado y aislado en resina sintética de las siguientes características:

- Tensión máxima de servicio 24 kV
- Potencia de calentamiento 1500 VA
- Tensión de ensayo 50/125 kV
- Telemando y teleseñal.

Se contempla el gobierno desde el edificio central de los interruptores de generación, no incluidos en el presente pliego de especificaciones.

Se dispondrá de la señal de estado en el puesto central de todos los elementos de accionamiento motorizado y de los que dispongan de contactos auxiliares para comunicación de estado, tanto en B.T. como en M.T.

Aparatos de media analógica

Se suministrarán en cada caso en la forma, dimensiones y características que se especifiquen. Serán empotrables, de forma cuadrada o rectangular, con suficiente sensibilidad y provistos de amortiguadores.

Podrán ser de precisión o industriales, de acuerdo con cada aplicación en concreto. Los aparatos de precisión con fuerza antagonista mecánica deberán estar dotados de un dispositivo que permita la corrección del índice "O", en reposo.

Todo el material comprendido en este apartado deberá haber sido sometido a las pruebas de tensión, aislamiento, resistencia al calor y mecánica, fusión y cortocircuitos exigidas a esta clase de material en las normas V.D.E. y recomendaciones de la A.E.E.

Productos normalizados

Los materiales deberán ser productos normales de fabricantes de reconocida solvencia. Cuando se requieran dos o más unidades de un mismo material, deberán ser producto de un mismo fabricante.

Todos los elementos y piezas necesarias del montaje van incluidos en los correspondientes módulos de racores, regletas, mando, control y embarrado de conexión de aparellaje y disyuntores.

3.2.4 Especificación general de instalaciones de alta tensión

3.2.4.1 Conductores

Se refiere el presente capítulo a las características y condiciones de instalación de los conductores de los siguientes circuitos:

Señalización y maniobra subestación - puesto central de control

Potencia servicios auxiliares - Trafo 50 kVA (B.T.)

Conexión interior transformador servicios auxiliares (M.T.)

Interconexión en 20 kV. distribución primaria - Trafo (17,5 MVA)

Interconexión en 132 kV de aparellaje.

Red de tierra

Los conductores de baja tensión serán unipolares de cobre, de sección adecuada a la intensidad a transportar, y la sección mínima del conductor de tierra será la fijada por la NUE BT 004, 007 Y 017. El aislamiento será de polietileno reticulado (XLPE) para un nivel de 0,611 kV. y recubrimiento de PVC color negro. Deberán llevar grabada, de forma ineludible, la identificación del conductor y nombre del fabricante. Los empalmes se realizarán a base de manguito metálico con unión a presión de la parte conductora, sin debilitamiento de sección ni producción de vacíos superficiales.

Todos los conductores estarán identificados en los extremos mediante codificación numérica de borna y equipo receptor, reflejándose en planos de cableado.

Los conductores de Media Tensión serán de aluminio unipolares y apantallados sin armadura, de sección adecuada a la intensidad máxima de transporte. El material de aislamiento será etileno-propileno y para un nivel de aislamiento de 15/25 kV. La pantalla del conductor se utilizará para tener a lo largo de toda la instalación un conductor de tierra de sección equivalente a una fase y estarán unidas eléctricamente entre sí. La cubierta exterior de los conductores será de policloruro de vinilo (PVC) de color rojo para identificación en caso de proximidad con otros conductores. Deberá llevar grabada, de forma indeleble, cada 30 cm. la identificación del conductor, nombre del fabricante y año de fabricación, tal y como se indica en las normas UNE 21.123 y R.U.3.305.

Para la ejecución de empalmes se podrá utilizar para interior Kit terminal o cono deflector, debiéndose utilizar para exterior botella terminal de cono premoldeado o terminal para exterior con aislador de porcelana. Estarán constituidos por un manguito metálico que realice la unión a presión de la parte conductora, sin debilitamiento de sección ni producción de vacíos superficiales. El aislamiento será reconstruido a base de cinta semiconductora interior, cinta autovulcanizable, cinta semiconductora capa exterior, cinta metálica de reconstrucción de pantalla, cinta para compactar, trenza de tierra y nuevo encintado de compactación final, o utilizando materiales termorretráctiles, o premoldeados u otro sistema de eficacia equivalente.

Las características básicas de los conductores a emplear, que responderán a las especificaciones que establecen las normas internacionales en vigor, de acuerdo con la tensión y condiciones de servicio a que vayan destinados, son las siguientes:

Circuitos de potencia 0,611 kV

Naturaleza del conductor Cobre

Tipo de conductor Unipolar/Tripolar

Nivel de aislamiento 0,611 kV

Circuitos de potencia 20 kV

Las características básicas que definen los conductores a emplear en las redes de 20 kV son las siguientes:

- Naturaleza del conductor Aluminio
- Tipo de conductor Unipolar-Campo Radial
- Nivel de aislamiento 15125 kV

Material de aislamiento

Cubierta PVC (rojo)

Normas UNE 21123 IEC502

Cubierta de armadura Polietileno

Estudio de viabilidad de un parque eólico

Circuitos de potencia 45 kV

Naturaleza del conductor Cobre

Tipo de Conductor Tubo x varilla y cable desnudo.

Las pruebas y ensayos a los que deberán ser sometidos los conductores a instalar en la instalación eléctrica de B.T. y M.T. del parque, serán al menos las siguientes:

Baja Tensión

El fabricante facilitará un acta de pruebas realizado por entidad colaboradora y someterá a los cables a los siguientes ensayos:

- a) Prueba de tensión a frecuencia industrial.
- b) Medida de la resistencia eléctrica de los conductores.
- c) Medida de la resistencia de aislamiento.
- d) Medida de espesores de aislamiento y cubiertas.
- e) Comprobación de la reticulación del aislamiento.

El Contratista realizará, en campo, los siguientes ensayos:

- a) Medida de la resistencia de aislamiento (en bobina).

b) Medida de resistencia de aislamiento (montado). Prueba de continuidad.

Media Tensión

El fabricante facilitará un acta de pruebas realizado por entidad colaboradora y someterá a los cables a los siguientes ensayos:

- a) Prueba de tensión a frecuencia industrial.
- b) Medida de la resistencia eléctrica de los conductores.
- c) Ensayo de descargas parciales.
- d) Verificación de las características geométricas.
- e) Medida de la resistencia de aislamiento a temperatura ambiente.

El Contratista realizará, en campo, los siguientes ensayos para cada cable:

- a) Prueba de continuidad.
- b) Ensayo de tensión.

Todos los ensayos se realizarán de acuerdo con la NORMA UNE 21-123 y serán efectuados en presencia de un inspector designado al efecto por la Ingeniería. Las actas correspondientes estarán firmadas por las partes.

3.2.4.2 Aparellaje 45 kV

El Aparellaje será de las características definidas en la memoria.

3.2.4.3 Transformadores de potencia

Las unidades transformadoras de 45 kV serán de instalación exterior y de 17,5 kVA de potencia aparente, para una tensión de 52 kV Y sistema de refrigeración en aceite, servicio continuo y pérdidas reducidas. Se ha de tener en cuenta que se trata de una aplicación de generación.

Dispondrán de una placa de identificación, donde se indique el nombre del constructor, tipo del transformador, número de serie, potencia y frecuencias nominales, tensiones y peso.

Sus características más importantes serán las siguientes:

Normas CEI (UNE)

Servicio Intemperie

Sornas Protegidas IP-55

Construcción cuba + depósito expansión + radiadores desmontables

Potencia 17.500 kVA

Refrigeración ONAN

Frecuencia 50 Hz

Aislamiento 52.000 V

Tensión nominal primario 45.000 V

Tensión nominal secundario 20.000 V

Grupo de conexión YDN 11

Regulación en vacío -10% y +5%

Refrigerante aceite

La máquina transformadora dispondrá de dispositivos de llenado, vaciado y toma de muestras, válvula de alivio de sobrepresión, depósito de expansión y ruedas así como, termómetro de esfera, resistencia de puesta a tierra, termostato y relé Buchhold y caja de centralización de conexiones IEP-55.

Los transformadores de potencia serán sometidos como mínimo a los siguientes ensayos, de acuerdo con la norma ANSI sobre ensayos de transformadores: G57.12.90-193 y G57.12.00-1973.

Ensayo tensión aplicada CEI

Ensayo tensión inducida CEI

Ensayo onda de choque CEI

Ensayo grupo de conexión, relc., transf. y polaridad

Determinación tensión cortocircuito

Determinación pérdidas cortocircuito

Determinación pérdidas en vacío

Medida de resistencia

Ensayo de puesta a tierra

Test dieléctrico. Estanqueidad de cuba

Medida de nivel de ruido

Verificación de sistemas de protección Calentamiento por sistema indirecto

3.2.4.4 Aparellaje 20 kV

Celdas de media tensión

Se utilizarán celdas prefabricadas y modulares, que se ajustarán a las normas UNE, CEI y las recomendaciones UNESA correspondientes. Estarán disecadas para su utilización en instalaciones interiores (IP305).

Estarán construidas a base de chapa de acero de alta calidad, plegada, formando un conjunto mecánicamente resistente frente a los esfuerzos originados por las vibraciones normales de operación y por posibles esfuerzos electrodinámicos.

Las celdas que formen una sección de maniobra y protección deberán estar separadas eléctrica y mecánicamente, a fin de asegurar su independencia y evitar la propagación de efectos entre celdas contiguas. Las puertas de acceso permitirán la manipulación, montaje y desmontaje del aparellaje.

Deberán estar diseñadas para soportar, sin deformación, los efectos explosivos de un cortocircuito en el interior de la celda.

La observación del estado de conexión del aparellaje podrá hacerse de forma directa, a través de una nùrilla protegida por una placa con el adecuado grado de protección frente al impacto.

Con el fin de impedir maniobras prohibidas, las celdas dispondrán, entre otros sistemas de seguridad, de los correspondientes enclavamientos mecánicos.

Se establecerá un circuito de puesta a tierra anclado en la estructura de las celdas conectándose a este sistema los herrajes y las partes móviles por medio de trenzas flexibles de cobre.

Cumplirán al menos las siguientes especificaciones:

Tensión asignada 24 kV

Tensión aislamiento (50 Hz) 1 50 kV

Tensión seccionamiento (50 Hz) 1 60 kV

Tensión tipo rayo aislamiento 125 kV cresta

Tensión tipo rayo seccionamiento 145 kV cresta

Intensidad asignada 400 A

Una vez terminada su instalación deberán ser sometidas a las siguientes pruebas:

- Operación mecánica sin tensión en el circuito principal.
- Operación mecánica de los elementos móviles y enclavamientos.

- Pruebas de disposit. auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Ensayo a frecuencia industrial del circuito principal, UNE 20099.
- Ensayo dielectrico de circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo a onda de choque.
- Verificación del grado de protección.

Se describen en este apartado los elementos principales de corte y protección en 20 kV que habrán de disponerse en cada centro de transformación y alojados en sus correspondientes celdas:

Interruptores - seccionadores

Será de accionamiento manual con sus correspondientes enclavamientos que impidan falsas maniobras, estando la función de corte asociada a la de seccionamiento. Dispondrá de seccionador de puesta a tierra con poder de cierre sobre cortocircuito (2,5 veces la intensidad asignada de corta duración admisible).

Se utilizarán exclusivamente para operaciones manuales de corte en carga y sus principales características serán:

- Dieléctrico Hexafluoruro de azufre
- Tensión nominal 24 kV.
- Intensidad nominal 400A.

- Tensión de prueba (50 Hz) 50 kV
- Tensión de prueba (Impulso) 125 kV

Los interruptores - seccionadores estarán provistos de cuchillas de puesta a tierra y su accionamiento será manual.

Seccionadores

Se utilizarán exclusivamente para cortes en vacío y siendo sus principales características las siguientes:

- Tensión nominal 24 kV
- Intensidad nominal 400 A.
- Tensión de prueba (50 Hz) 50 kV
- Tensión de prueba (Impulso) 125 kV

Interruptores automáticos

Serán de accionamiento manual y basando su principio de corte en la autocompresión del SF6. La envolvente y estanqueidad será la definida en la recomendación CEIU 56.

Se utilizarán para protección y desconexión en carga, y presentarán las siguientes características:

- Dieléctrico Hexafloruro de azufre.
- Tensión nominal 24 kV
- Intensidad nominal 400 A.r,
- Poder de corte 500 WA
- Tensión de prueba (50 Hz) 50 kV
- Tensión de prueba (Impulso) 125 Kv

Cartuchos fusibles

Se utilizarán para protección en M.T. de los transformadores 20/0,66kV.

Sus características principales serán:

- Intensidad nominal 100^a
- Tensión nominal: 20 kA

Armarios distribución y protección de baja tensión

La distribución y protección en baja tensión se dispondrá en embarrado tripolar de cobre adecuado a la intensidad nominal e intensidad de cortocircuito del transformador. El embarrado principal tendrá, como mínimo, la misma capacidad de carga que el interruptor principal.

Los elementos de protección y maniobra se alojarán en unidades modulares y prefabricadas construidas en chapa electrozincada, protegida y pasivada de 5110 mm. de espesor mínimo con revestimiento de pintura epoxi y poliéster. Todos los fondos, techos y paredes laterales serán elementos separados, extraíbles y dotados de juntas de estanqueidad y permitirán ampliación por extensión de sus armaduras.

Donde quiera que haya una unión entre barras, éstas estarán plateadas y atornilladas de acuerdo con normas DIN. Todos los embarcados, cables, terminales y conexiones estarán diseñadas para una capacidad de 1,5 veces la del interruptor principal a plena carga.

El panel de cada centro de transformación será de dimensiones y módulos suficientes para alojar básicamente las siguientes unidades funcionales:

- Una protección general automática de 2.000 A.
- Cinco protecciones interruptor-fusible de 400 A.
- Una protección interruptor-fusible de 10 A.
- Tomas de corriente 230 V. (serv. auxiliares).
- Media (tensión, intensidad y potencia por c/ud. de generación).

Sus características más importantes serán:

- Tensión de empleo máxima: 1 kV
- Tensión de aislamiento: 1 kV
- Intensidad nominal: 3.000 A
- Corriente de cresta admisible: 145

3.2.4.5. Aparellaje B.T. y equipos auxiliares

Se describen en este apartado los elementos principales del aparellaje de baja tensión en 660 V que habrán de disponerse en cada centro de transformación y alojados en el correspondiente cuadro general de protección:

Interruptores automáticos

Serán aparatos de instalación fija y accionamiento automático con cierre y apertura manual, de corte omnipolar y con las siguientes características:

Intensidad nominal 2.000 A.

Tensión nominal 660 V

Tensión de aislamiento 1.000 v

Poder de corte 50 kA. ef.

Interruptores - fusibles

Serán de corte omnipolar, siendo sus principales características:

Intensidad nominal 400 A.

Tensión nominal 660 V

Tensión de aislamiento 1 kV

Potencia nominal de utilización 330 kW.

Servicios auxiliares

Se dispondrá de tensión 380/220 V para alumbrado, tomas de corriente y servicios auxiliares. Para ello se instalará un transformador tripolar 20.000/380-200V de 5.000 VA de potencia. Será moldeado y aislado en resina sintética de las siguientes características:

Tensión máxima de servicio 24 kV

Potencia de calentamiento 1500 VA

Tensión de ensayo 50/125 kV

Telemando y teleseñal

Se contempla el gobierno desde el edificio central de los interruptores de generación, no incluidos en el presente pliego de especificaciones.

Se dispondrá de la señal de estado en el puesto central de todos los elementos de accionamiento motorizado y de los que dispongan de contactos auxiliares para comunicación de estado, tanto en B.T. como en M.T.

Protección y medida

Los elementos de protección y medida en 132 kV se instalarán en bastidor independiente ubicado en ella subestación.

Se instalarán los correspondientes relés de sobreintensidad direccional de tiempo inverso, relés de distancia, relé diferencial y relés de frecuencia, además de las protecciones de interconexión establecidas por la compañía distribuidora.

Asimismo la medida de exportación - importación de energía se realizará mediante dispositivos electrónicos de integración y medida, provistos de emisores de impulsos compatibles con la telemedida y con arreglo a la clase de precisión y disposición acordadas con la empresa distribuidora.

Aparatos de media analógica

Se suministrarán en cada caso en la forma, dimensiones y características que se especifiquen. Serán empotrables, de forma cuadrada o rectangular, con suficiente sensibilidad y provistos de amortiguadores.

Podrán ser de precisión o industriales, de acuerdo con cada aplicación en concreto. Los aparatos de precisión con fuerza antagonista mecánica deberán estar dotados de un dispositivo que permita la corrección del índice "O", en reposo.

Todo el material comprendido en este apartado deberá haber sido sometido a las pruebas de tensión, aislamiento, resistencia al calor y mecánica, fusión y cortocircuitos exigidas a esta clase de material en las normas V.D.E. y recomendaciones de la A.E.E.

Productos normalizados

Los materiales deberán ser productos normales de fabricantes de reconocida solvencia. Cuando se requieran dos o más unidades de un mismo material, deberán ser producto de un mismo fabricante.

Todos los elementos y piezas necesarias del montaje van incluidos en los correspondientes módulos de racores, regidas, mando, control y embarrado de conexión de aparellaje y disyuntores.

DOCUMENTO N°4, PRESUPUESTO

DOCUMENTO N° 4

PRESUPUESTO

ÍNDICE GENERAL

4.1 PRESUPUESTO AEROGENERADORES

Total aerogeneradores

4.2 PRESUPUESTO OBRA CIVIL

4.2.1 Movimiento de tierras

4.2.2 Cimentaciones

4.2.3 Accesorios y varios

4.2.4 Centro de control

Total obra civil

4.3 PRESUPUESTO SISTEMA ELÉCTRICO

4.3.1 Cableado exterior

4.3.2 Tomas de tierra

4.3.4 Centro de seccionamiento, medida y protección

Total sistema eléctrico

4.4 PRESUPUESTO GENERAL

4.1 Aerogeneradores

| REF | DESCRIPCIÓN | UNI | MEDICIÓN | PRECIO | P. PARCIAL | P. TOTAL |
|-----|---|-----|----------|---------|------------|-------------------|
| | AEROGENERADORES | | | | | |
| | Aerogeneradores GAMESA G52-850 Kw incluyendo carretes, góndolas y juego de 3 palas. | | | | | |
| | Suministro, transporte y montaje de los carretes para sujeción de los aerogeneradores. | | | | | |
| | Suministro, transporte y montaje de los aerogeneradores. | | | | | |
| | Izado de las torres, góndolas y rotores. | | | | | |
| | Cableado y conexiones eléctricas de góndola y cuadros de potencia y control de aerogeneradores. | | | | | |
| | Suministro, montaje y puesta en marcha del sistema de telecontrol del parque. | | | | | |
| | Planos de cimentaciones. | | | | | |
| | TOTAL AEROGENERADORES | Ud. | 27 | 517.000 | 13.959.000 | 13.959.000 |

4.2 Obra Civil



| REF. | DESCRIPCIÓN | UNI | MEDICIÓN | PRECIO | P. PARCIAL | P. TOTAL |
|-------------|---|-----|----------|--------|---------------|-------------|
| 1. | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | |
| 1.1. | Desbroce del terreno, retirada de tierra vegetal y posterior colocación de la misma en las zonas afectadas (cimentación aerogeneradores, zanjas para cables eléctricos, camino de nueva construcción, subestación y edificio de control, etc.). | m2 | 30.723 | 0,18 | 5.530 | |
| 1.2. | Excavación en terreno compacto, incluso roca, con medios mecánicos (retro, martillo, etc.) para cimentación de aerogeneradores y zanjas para cables eléctricos. | m3 | 5.699 | 10,8 | 61.549 | |
| 1.3. | Relleno con arena en zanjas para cables eléctricos, incluso compactación | m3 | 1.481 | 15 | 22.215 | |
| 1.4. | Relleno con material seleccionado procedente de la excavación en cimentaciones de aerogeneradores y zanjas para cables eléctricos, incluso compactación. | m3 | 2.710 | 2,7 | 7.317 | |
| 1.5. | Relleno en núcleo de viales interiores con material sobrante de la excavación, no utilizado en la partida 1.4, incluso compactación | m3 | 2.989 | 3,6 | 10.760 | |
| 1.6. | Relleno en firme de viales interiores, con zahorras naturales, calidad sub-base de PG4, en una sola tongada de 20 cm. de espesor, incluso compactación | m3 | 2.730 | 12 | 32.760 | |

| REF. | DESCRIPCIÓN | UNI | MEDICIÓN | PRECIO | P. PARCIAL | P. TOTAL |
|------|---|------|----------|--------|------------|----------------|
| 1.7. | Cinta plástica señalizadora normalizada y rasillas enterradas en zanjas para cables eléctricos | m.l. | 9.258 | 1,8 | 16.664 | |
| 1.8 | Paso de zanjas de cables eléctricos en cruces con el camino interior, incluso colocación de tubos de PVC y hormigonado. | m.l. | 4 | 52,5 | 210 | |
| 1.9 | Plataforma situada junto a cimentaciones de aerogeneradores de 25x20 m. de dimensiones | Ud. | 27 | 260 | 7.020 | |
| | TOTAL CAPÍTULO 1 | | | | | 164.025 |

| REF. | DESCRIPCIÓN | UNI | MEDICIÓN | PRECIO | P. PARCIAL | P. TOTAL |
|--------------|---|------|----------|--------|------------|----------|
| 2. | CIMENTACIONES | | | | | |
| 2.1. | Hormigón de limpieza H-150, en fondo de cimentación de aerogeneradores. | m3 | 298 | 72 | 21.456 | |
| 2.2. | Hormigón para armar H-300, en cimentación de aerogeneradores, suministro, puesta en obra, vibrado y curado según EH-91. | m3 | 3.121 | 90 | 280.890 | |
| 2.3. | Encofrado y desencofrado en zona superior de cimentación de aerogeneradores. | m2 | 400 | 20 | 8.000 | |
| 2.4. | Acero en redondo para armar tipo AEH-500, suministro, elaboración y colocación. | Kg | 246.607 | 0,72 | 177.557 | |
| 2.5. | Colocación embebido en la zapata del carrete de apoyo del fuste del aerogenerador y tubos de PVC. | Ud. | 27 | 210,5 | 5.683,50 | |
| 2.6. | Arqueta de hormigón armado con tapa de fundición según planos. | Ud. | 27 | 1.200 | 32.400 | |
| 2.7. | Hormigón H-150 en protección de canalizaciones de PVC para entrada de cables a aerogeneradores. | m3 | 405 | 75,5 | 30.577,50 | |
| 2.8. | Acera perimetral en aerogeneradores según plano. | Ud. | 27 | 451 | 12.177 | |
| 2.9. | Tubería PVC diámetro 250 para paso de cables. | m.l. | 919 | 15 | 13.785 | |
| 2.10. | Tubería PVC diámetro 150 para paso de cables. | m.l. | 675 | 9 | 6.075 | |
| 2.11. | Tubería PVC diámetro 80 para paso de cables. | m.l. | 675 | 6,6 | 4.455 | |

| | | | | | | |
|--|-------------------------|--|--|--|--|----------------|
| | TOTAL CAPÍTULO 2 | | | | | 593.056 |
|--|-------------------------|--|--|--|--|----------------|

| REF. | DESCRIPCIÓN | UNI | MEDICIÓN | PRECIO | P. PARCIAL | P. TOTAL |
|-------------|--|-----|----------|--------|------------|---------------|
| 3. | ACCESOS Y VARIOS | | | | | |
| 3.1. | <p>Acondicionamiento del camino de acceso al Parque Eólico: Acondicionamiento y ensanche de las zonas que lo requieran, de la plataforma actual del camino hasta una anchura mínima de 3,5 m.</p> <p>Formación y perfilado de cunetas laterales para recogida del agua de lluvia</p> <p>Suministro, extendido y compactado de una capa de zahorra natural, calidad su-base del PG4 en sola tongada de 20 cm. de espesor.</p> | Km. | 3,83 | 18.000 | 68.940 | |
| 3.2. | <p>Drenaje transversal del camino, formado por:</p> <p>Arqueta de recogida de agua en hormigón o fábrica de ladrillo, dimensiones interiores aprox. 1x1x1 m.</p> <p>Tubo de hormigón de 400 mm. de diámetro recubierto de hormigón, situado transversalmente al camino (longitud aproximada 5-6 m.)</p> | Ud. | 5 | 900 | 4.500 | |
| 3.3. | Varios (remates diversos, ayudas de montaje, etc.) | | | | 10.500 | |
| | TOTAL CAPÍTULO 3 | | | | | 83.940 |

| REF. | DESCRIPCIÓN | UNI | MEDICIÓN | PRECIO | P. PARCIAL | P. TOTAL |
|-------------|---|-----|----------|--------|------------|----------------|
| 4. | CENTRO DE CONTROL | | | | | |
| 4.1. | Ejecución de edificio para subestación y control según planos, incluso recinto exterior para instalación del transformador de potencia totalmente terminado y rematado. | m2 | 70 | 900 | 63.000 | |
| | TOTAL CAPÍTULO 4 | | | | | 63.000 |
| | TOTAL OBRA CIVIL | | | | | 904.021 |

4.3 Obra Eléctrica

| REF. | DESCRIPCIÓN | UNI | MEDICIÓN | PRECIO | P. PARCIAL | P. TOTAL |
|-------------|--|-----|----------|--------|------------|----------------|
| 1. | CABLEADO EXTERIOR | | | | | |
| 1.1. | M. de línea con conductor aislamiento seco tipo DHV 15/25 kV 3 x 1 x 185 mm ² Al, en zanja, completamente instalado, incluso cinta para señalización de fases, cinta adhesiva para fijado de cables y pequeño material sujeción y conexionado. | m. | 27.775 | 24 | 666.600 | |
| 1.2. | Línea de transmisión señales y datos para conductor multipolar 3 x 2 x 0,5 mm ² Cu, apantallado, blindado tendido en zanja, completamente instalado, incluso terminales y material de fijación para conexión a aerogeneradores y edificio de control. | m. | 9.258 | 1,8 | 16.664 | |
| 1.3. | Conjunto terminal interior MT enchufable apantallado y atornillable 15/25 kV para conductor tipo DHV de 150 mm ² de aluminio, completamente instalado y conectado, incluso pequeño material de fijación y conexionado. | Ud. | 184,50 | 186 | 34.317 | |
| 1.4. | Conjunto terminal interior MT 15/25 kV para conductor tipo DHV de 150 mm ² de aluminio completamente conectado e instalado incluso pequeño material de fijación y conexionado. | Ud. | 18 | 54 | 972 | |
| | TOTAL CAPÍTULO 1 | | | | | 718.553 |

| REF. | DESCRIPCIÓN | UNI | MEDICIÓN | PRECIO | P. PARCIAL | P. TOTAL |
|-------------|---|-----|----------|--------|------------|----------|
| 2. | TOMAS DE TIERRA | | | | | |
| 2.1. | Ud. Puesta a tierra de aerogenerador, a base de cobre desnudo de 50 mm ² de sección dispuesto en anillo cuadrado de 12 x 12 mm. en base de la cimentación de aerogenerador, 50 mm ² de sección de cobre, conectado a la ferralla de la cimentación en los 4 vértices, 4 picas de acero-cobre de 2m, 2 rabillos de 9m para conexionado de elementos del aerogenerador y un rabillo de 9m para conexionado con red general del parque y anillo de 4m de diámetro enterrado a 1 m. de la base del fuste del aerogenerador unido al fuste en 2 puntos, incluso 16 soldaduras aluminotérmicas, pequeño material y conexionado según esquema. | Ud. | 27 | 600 | 16.200 | |
| 2.2. | Ud. Puesta a tierra de Centro de seccionamiento, protección y medida, a base de cobre desnudo de 50 mm ² de sección dispuesto en anillo cuadrado de 12 x 9 mm. conectado a la ferralla de cimentación en los 4 vértices, incluido 8 picas de acero-cobre de 2m, 4 rabillos de 5m para conexionado a estructura de edificio, un rabillo de 9m para interconexión con red general del parque y un rabillo de 4m para conexión a puente de pruebas, incluso 25 soldaduras aluminotérmicas, pequeño material y conexionado según esquema. | Ud. | 1 | 900 | 900 | |

| | | | | | | |
|------|--|----|-------|---|-------|---------------|
| 2.3. | <p>Instalación de puesta a tierra para enlace entre aerogeneradores, centros de transformación y subestación, a base de conductor de cobre desnudo de 50 mm², incluso tendido del conductor en zanja, p/p de soldadura aluminotérmica, pequeño material y conexionado según esquemas.</p> | m. | 1.080 | 3 | 3.240 | |
| | TOTAL CAPÍTULO 2 | . | | | | 19.440 |

| REF. | DESCRIPCIÓN | UNI | MEDICIÓN | PRECIO | P. PARCIAL | P. TOTAL |
|-------------|--|-----|----------|--------|------------|----------|
| 3. | C.T. ELEVADOR EN AEROGENERADORES | | | | | |
| 3.1. | <p>Transformador elevador</p> <p>Transformador elevador de aislamiento seco encapsulado en resina epoxi de las siguientes características:</p> <p>Tensión lado M.T.:20.000 V Tensión lado B.T.: 690 V Tensión de cortocircuito: 6% Estarán dotados de un segundo bobinado en baja tensión de 25 kVA de potencia, trifásico y 220 V de tensión entre fases. Grupo de conexión: DYN11 Potencia: 800 kVA Nivel de aislamiento: 24 kV Neutro accesible</p> | Ud. | 27 | 12.000 | 324.000 | |
| 3.2. | <p>Interconexión transformador elevador-célula de protección del transformador.</p> <p>Unidad formada por 1 kit de conexión de cable DHV 15/25 kV 3 x 1 x 95 mm2 aluminio tendido sobre bandeja.</p> <p>La interconexión en ambos extremos se hará mediante terminales enchufables, apantallados y atornillables.</p> | Ud. | 27 | 480 | 12.960 | |
| 3.3. | <p>Celda protección transformador elevador e interconexión a la línea de interconexión aerogeneradores.</p> <p>Ud. De celda compacta de aislamiento en SF6 de la gama CAS 24 kV de MESA o similar, de 3 funciones OL + 1L + 1P (Llegada</p> | | | | | |

| | | | | | |
|---|-----|----|-------|---------|----------------|
| de línea y remonte, protección con ruptofusible y salida con seccionador y seccionador de puesta a tierra) de las siguientes características: | | | | | |
| Nivel de aislamiento: 24kV Intensidad nominal: 400 A Intensidad de cortocircuito: 16/40 kA Corte y aislamiento en SF6 Conexión mediante terminales enchufables | | | | | |
| Para garantizar la operación de transformación, la protección del transformador se realizará mediante fusibles e interruptor autoneumático en SF6 de 3 posiciones: conectado, desconectado y puesto a tierra. El accionamiento de disparo automático será por fusión de fusibles, bobina a 220 V., c.a. o manual. | | | | | |
| Para la conexión a estas cabinas se emplearán terminales aislados, enchufables, apantallados y atornillables. | Ud. | 27 | 6.000 | 162.000 | |
| TOTAL CAPÍTULO 3 | . | | | | 498.960 |

| REF. | DESCRIPCIÓN | UNI | MEDICIÓN | PRECIO | P. PARCIAL | P. TOTAL |
|-------------|--|-----|----------|--------|------------|----------|
| 4. | <p>CENTRO DE SECCIONAMIENTO, MEDIDA Y PROTECCIÓN</p> <p>El aparallaje de este centro de seccionamiento estará formado por conjunto de celdas metálicas prefabricadas, de corte en SF6 y aislamiento al aire de las siguientes características generales:</p> <p>Intensidad nominal: 630 A Intensidad de cortocircuito de corta duración: 16 kA Tensión nominal de aislamiento: 24 kV Tensión de prueba, 50 Hz, 1 min.: 50 kV Tensión de prueba, onda de choque: 125 kV</p> <p>Las celdas que lo componen serán:</p> | | | | | |
| 4.1. | <p>Celda de seccionador general</p> <p>Cabina para la interconexión de la línea de acometida de las características generales antes mencionadas. Contendrá el aparallaje que se menciona a continuación:</p> <p><i>Seccionador de las siguientes características:</i></p> <p>Intensidad nominal: 630 A Tensión nominal: 24 kV Tensión de prueba, 50 Hz, 1 min.: 50 kV Tensión de prueba, onda de choque: 125 kV Intensidad máxima de cierre: 40 ka</p> | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------|---|-----|---|-------|-------|--|
| | <p><i>Seccionador puesta a tierra de cierre brusco de las siguientes características:</i></p> <p>Tensión nominal de aislamiento: 24 kV. Poder de cierre: 25 kA</p> <p>Esta celda estará dotada de resistencia de caldeo mandada por termostatos e iluminación interna.</p> <p>Dispondrá de compartimento de baja tensión donde se ubicarán las protecciones de la alimentación a la resistencia y al alumbrado, y de un bornero a donde se conducirán los 2 contactos auxiliares (uno NA y otro NC) de que estarán dotados tanto el seccionador general como el de puesta a tierra.</p> | Ud. | 1 | 3.600 | 3.600 | |
| 4.2. | <p>Celda de medida</p> <p>Celda contigua a la de seccionamiento general y de características generales antes mencionadas. Incorporará un juego de 3 transformadores de intensidad con doble secundario (medida y protección) y juego de 3 transformadores de tensión de tripla secundario (medida, protección y antiferroresonancia) de las siguientes características:</p> <p><i>Transformadores de intensidad</i></p> <p>Cumplirán la recomendación UNESA 4201</p> | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| <p>Relación de transformación: 500/5-5 A Doble secundario protección y medida Clase de precisión en medida: 0,2 S Potencia de precisión en medida: 15 VA Clase de precisión en protección: 5P20 Potencia de precisión en protección: 30 VA Factor de seguridad para medida: $F_s < 5$ Nivel de aislamiento: 24 kV Intensidad límite térmica: 80 In Intensidad dinámica: 2,5 It</p> <p><i>Transformadores de tensión</i></p> <p>Cumplirán la recomendación UNESA 4202 Triple secundario medida, protección y resistencia antiferroresonancia Relación de transformación: $22:(3^{1/2}) / 0,11:(3^{1/2}) - 0,11:(3^{1/2}) - 0,11:3 \text{ kV}$ Factor de tensión: 1,2 Un en permanencia y 1,9 Un durante 8 h Resistencia antirefforresonancia: 50 Ohms, 2ª Clase de precisión en medida: 0,2 Potencia de precisión: 30 VA Clase de precisión en protección: 0,5 Potencia de precisión: 50 VA Clase de precisión en protección: 3P Nivel de aislamiento: 24 kV Tensión de servicio: 20 kV</p> <p>Estará dotada de resistencia de caldeo e iluminación. Dispondrá de compartimento de baja tensión donde se ubicarán las protecciones de la resistencia de caldeo y del alumbrado, y de un</p> | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|-------------|--|-----|---|-------|-------|--|
| | bornero al que se conducirán todos los secundarios de los transformadores de medida con bornas puenteables para los transformadores de intensidad y bornas seccionables para los de tensión. | Ud. | 1 | 9.000 | 9.000 | |
| 4.3. | <p>Celda de disyuntor general</p> <p>Unidad de celda de las características antes mencionadas. Contendrá el disyuntor de interconexión de las siguientes características:</p> <p>Intensidad nominal: 630 A Poder de corte: 16 kA Tensión nominal: 24 kV Tensión de prueba, 50 Hz, 1 min.: 50 kV Tensión de prueba, onda de choque: 125 kV Intensidad máxima de cierre: 50 kA.</p> <p>Estará dotado de contactos auxiliares, relé antibombeo, contactos de alarma y de inmovilización por bajo nivel de hexafluoruro, además de motor de carga muelles y bobinas de cierre y apertura por emisión de tensión. El mando será a 110 V C.C.</p> <p>La celda estará dotada de resistencia de caldeo mandada</p> | | | | | |
| | <p>por termostato e iluminación interna.</p> <p>Dispondrá de compartimento de baja tensión donde se ubicarán las protecciones de la alimentación a la resistencia y al</p> | | | | | |

| | | | | | |
|-------------|--|-----|---|--------|--------|
| | <p>alumbrado, y de</p> <p>Un bornero a donde se conducirán los 2 contactos auxiliares (uno NA, otro NC) de que estarán dotados tanto el seccionador general como el de puesta a tierra y todos los contactos del disyuntor.</p> <p>En el frontal de este compartimento se ubicarán 3 amperímetros analógicos, escala 0-500 A, 1 voltímetro con conmutador, esc. 0-25 kV, y pilotos de señalización del estado del disyuntor y de la carga de muelles.</p> | Ud. | 1 | 10.820 | 10.820 |
| 4.4. | Celda de remonte <p>Celda de las características generales antes mencionadas, función remonte de barras.</p> <p>Estará dotada de resistencia de caldeo.</p> | Ud. | 1 | 3.000 | 3.000 |
| 4.5. | Celdas de protección de líneas de interconexión de aerogeneradores <p>Estas cabinas serán de las características generales antes mencionadas. En ellas se realizará la interconexión de las líneas de acometida.</p> <p>Cada una de ellas estará dotada del siguiente aparillaje:</p> <p>Un <i>seccionador</i> de las siguientes características:</p> <p>Intensidad nominal: 630 A. Tensión nominal: 24 kV. Tensión de prueba 50 Hz, 1 min.: 50 kV. Tensión de prueba onda de choque: 125 kV.</p> | | | | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| <p>Intensidad máxima de cierre: 40 kA.</p> <p>Un <i>disyuntor de corte</i> en SF6 de las siguientes características:</p> <p>Intensidad nominal: 630 A. Poder de corte: 16 kA. Tensión nominal: 24 kV. Tensión de prueba 50 Hz, 1 min.: 50 kV. Tensión de prueba, onda de choque: 125 kV. Intensidad máxima de cierre: 50 kA.</p> <p>Estará dotado de contactos auxiliares, relé antibombeo, contactos de alarma e inmovilización por bajo nivel de hexafluoruro, además, motor de carga de muelles y bobinas de cierre y apertura por emisión de tensión. El mando será a 110 V. C.C.</p> <p>Dispondrá , además de lo anterior de, <i>3 transformadores de intensidades</i> de las siguientes características:</p> <p>Cumplirán la recomendación UNESA 4201. Doble secundario protección y medida.</p> <p>Relación de transformación: 200/5-5 A. Clase de precisión en medida: 1. Potencia de precisión en medida: 15 VA. Clase de precisión en protección: 5P10 Potencia de precisión en protección: 30 VA. Factor de seguridad para medida: $F_s < 5$ Nivel de aislamiento: 24 kV.</p> | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| <p>Intensidad limite térmica: 80 In. Intensidad dinámica: 2,5 It.</p> <p>Además se dispondrá de un <i>seccionador de puesta a tierra</i> de cierre brusco de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión nominal de aislamiento: 24 kV - Poder de cierre: 25 kA <p>La celda estará dotada de resistencia de caldeo mandada por termostato e iluminación interna.</p> <p>Dispondrá de compartimento de baja tensión donde se ubicarán las protecciones de la alimentación a la resistencia y al alumbrado, y de Un bornero a donde se conducirán los 2 contactos auxiliares (uno NA, otro NC) de que estarán dotados tanto el seccionador general como el de puesta a tierra y todos los contactos del disyuntor.</p> <p>Este bornero estará dotado de bornas puenteables a donde se conducirán los secundarios de los transformadores de intensidad.</p> <p>En el frontal de este compartimento se ubicarán: 3 amperímetros analógicos, escala 0-200 A 1 voltímetro con conmutador, esc. 0-25 kV, 1 relé para protección de la línea de interconexión de aerogeneradores de las siguientes características:</p> <p>Relé de intensidad de fases y homopolar, característica</p> | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|-------------|--|-----|---|--------|--------|--|
| | <p>de tiempo inversa (función 3 x 50/51), y reenganche (función 79).</p> <p>Fabricante: ZIV.</p> <p>Modelo: 31RD-D.</p> <p>Fase: I > 1 a 12 A.; I >> 0,5 a 150 A.</p> <p>Intensidad de medida: 3 x 200 / 5ª.</p> <p>Tensión de alimentación: 110 V. C.C.</p> <p>Pilotos señalizadores de la posición del interruptor, de la carga de muelles y de la falta de presión de SF6 en el disyuntor.</p> | Ud. | 3 | 14.450 | 43.350 | |
| 4.6. | <p>Celda de protección de transformador de servicios auxiliares</p> <p>Esta cabina, de las características generales antes mencionadas, contendrá el siguiente aparillaje:</p> <p>Un <i>ruptofusible</i> de las características:</p> <p>Intensidad nominal: 630 A.</p> <p>Tensión nominal: 24 kV.</p> <p>Tensión de prueba 50 Hz, 1 min.: 50 kV.</p> <p>Tensión de prueba, onda de choque: 125 kV.</p> <p>Intensidad máxima de cierre: 40 kA.</p> <p>Dispondrá de bobina de disparo a 110 V. C.C. de dispositivo de apertura por fusión de fusibles.</p> <p>Incorporará 3 fusibles A.P.R. que serán de las siguientes características:</p> <p>- Tensión nominal: 24 kV.</p> | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------|--|-----|---|-------|-------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad nominal: 6 A. <p>Además se dispondrá de un seccionador de puesta a tierra de cierre brusco de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión nominal de aislamiento: 24 kV. - Poder de cierre: 24 kA. <p>Esta celda estará dotada de resistencia de caldeo mandada por termostato e iluminación interna.</p> <p>Dispondrá de compartimento de baja tensión donde se ubicarán las protecciones de la alimentación a la resistencia y al alumbrado, y de un bornero a donde se conducirán los 2 contactos auxiliares (uno NA, otro NC) de que estarán dotados tanto el ruptofusible como el seccionador de puesta a tierra.</p> | Ud. | 1 | 4.200 | 4.200 | |
| 4.7. | <p>Celda del transformador de servicios auxiliares</p> <p>Celda, de características similares a las celdas de aparallaje, conteniendo un transformador de potencia de las siguientes características:</p> <p>Trifásico, seco, encapsulado en resina epoxi. Refrigeración por aire ANAN. Potencia: 100 kVA. Tensión primaria: 20 kV. Tensión secundaria: 0,4-0,23 kV. Conmutador de tensión: +/- 5 + 7,5 + 10 %. Grupo de conexión: Dyn11.</p> | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------|--|-----|---|-------|-------|--|
| | El transformador irá equipado con termómetro con contactos, transformador toroidal para protección diferencial y una batería de condensadores para la corrección del factor de potencia. | Ud. | 1 | 4.800 | 4.800 | |
| 4.8. | Armario de relés de red | | | | | |
| | Armario de 800 x 600 x 2200 de la serie PS-4000 de RITTAL, conteniendo: | | | | | |
| | <i>Relé de mínima tensión</i> | | | | | |
| | Fabricante: ZIV. Modelo: 3TPI-BOB trifásico. Gama de regulación: 10 -150 % Un. Tensión de medida (Un): $110:(3^{1/2})V$, 50 Hz Tensión de alimentación: 110 V c.c. Disparo: temporizado en tiempo fijo regulable entre 0 y 100 s. | | | | | |
| | <i>Relé de máxima tensión</i> | | | | | |
| | Fabricante: ZIV. Modelo: 3TPI-AOB bifásico. Gama de regulación: 10 - 150 % Un. Tensión de medida (Un): 110 V, 50 Hz. Tensión de alimentación: 110 V c.c. Disparo: temporizado en tiempo fijo regulable entre 0 y 100 s. | | | | | |
| | <i>Relé homopolar</i> | | | | | |
| | Fabricante: ZIV. Modelo 3TPI-COB. Gama de tensión de regulación: 0,2 - 1,5 Un. Tensión de medida (Un) 110:3 V (triángulo abierto) 50 Hz. Tensión de alimentación: 110 V | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| <p>c.c. Disparo: temporizado en tiempo fijo regulable entre 0 y 100 s.</p> <p><i>Relé de máxima y mínima frecuencia</i></p> <p>Fabricante: ZIV Modelo: 3FGI-AOB. Gama regulación: 40 - 60 Hz. 0 - 20 s. Tensión de medida (Un): 110 V. Tensión de alimentación: 110 V c.c. Disparo: instantáneo. Regulación: en mínima frecuencia 49,8 Hz. En máxima frecuencia: 50,2 Hz.</p> <p><i>Relé intensidad de fases, homopolar característica de tiempo inversa</i></p> <p>Fabricante: ZIV. Modelo: 3CPI-A2B. Gama de regulación: fase I > 1 a 12 A; I >> 0,5 a 150 A. Intensidad de medida: 3 x 500 5ª. Tensión de alimentación: 110 V c.c. Regulación: Arranque 6 A. Curva norm. Inversa Kp = 1. Instantáneo: 25 A.</p> <p><i>Relé de sobreintensidad homopolar direccional</i></p> <p>Fabricante: ZIV. Modelo: 3CPI-E5B Gama de regulación mínima: Ib 0,005-0,05 A.; (1-3) Ib. 0,5-6 V; 6-60 V. 0-100 seg. Intensidad de medida: 3 x 500 / 5 A Tensión de alimentación: 110 V c.c.</p> | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|--|---|-----|---|-------|-------|--|
| | <p>Disparo: instantáneo. Regulación: 54 mA - 0,1 s.</p> <p>Este armario dispondrá de un microautómata que gestionará la reconexión del disyuntor de red, en función de la causa de apertura y de las condiciones del paraqué y de la red, y dispondrá de pilotos señalizadores de todas las anomalías del Centro.</p> <p>Estará dotado de bornas que serán puenteables para la señal de los transformadores de tensión, canaleta de PVC y demás accesorios.</p> | Ud. | 1 | 7.200 | 7.200 | |
|--|---|-----|---|-------|-------|--|

| | | | | | |
|--------------|--|-----|---|-------|-------|
| 4.9. | Armario de medida | Ud. | 1 | 4.200 | 4.200 |
| | <p>Se instalará un armario metálico con visor de acuerdo con las normas de UNIÓN FENOSA. Éste contendrá debidamente montados y conexiónados los siguientes aparatos:</p> <p>1 contador electrónico para medida de energía en cuatro cuadrantes:</p> <p>Marca: LANDIS & GYR. Modelo: ZMB 405C 4CR 14C. Conectado a los secundarios de medida de los tres transformadores de tensión y de intensidad antes mencionados.</p> <p>1 regleta de comprobación de 10 bornes.</p> <p>1 módem METCOM 2.</p> <p>Se cableará y se dispondrá de acuerdo con las normas de UNIÓN FENOSA.</p> | | | | |
| 4.10. | Material de seguridad | Ud. | 1 | 2.400 | 2.400 |
| | <p>Se instalará el siguiente material de seguridad:</p> <p>Armario de primeros auxilios. Un juego de guantes homologados 24 kV. Una banqueta aislante. Un extintor de eficacia 89B. Una pértiga detectora de tensión. Una pértiga de maniobra. Una lámpara de emergencia portátil con cargador.</p> | | | | |

| | | | | |
|-------|--|-----|-------|-------|
| 4.11. | Instalación de centro de seccionamiento, medida y protección Se incluye en esta partida la instalación del centro, incluyendo la instalación de las celdas, el cableado de medida y protección y de control, alimentación a armario rectificador-cargador de baterías, conexión de transformador de servicios auxiliares, acometida a cuadro general de baja tensión , etc. | PA. | 4.200 | 4.200 |
| 4.12. | Instalaciones auxiliares En el edificio centro de seccionamiento, control y medida se realizarán las siguientes instalaciones: Un alumbrado a base de 8 luminarias fluorescentes estancas de 2 x 36 W, con instalación de un cable HO7V-K de 1,5 mm2 bajo tubo metálico roscado para el taller. Un alumbrado a base de 3 luminarias fluorescentes empotradas en falso techo de perfil visto con reflector de aluminio y lamas transversales con control de deslumbramiento de 3 x 36 W, con instalación de cable HO7V-K de 1,5 mm2 bajo tubo roscado para la sala de celdas M.T. Una de ellas llevará equipo de emergencia en una de sus tres lámparas. | | | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| <p>Un alumbrado a base de 2 luminarias fluorescentes empotradas en falso techo de perfil visto con reflector de aluminio y lamas transversales con control de deslumbramiento de 3 x 36 W, con instalación de cable HO7V-K de 1,5 mm² bajo tubo PVC corrugado IP7 empotrado para la sala de control.</p> <p>Un alumbrado a base de una luminaria incandescente empotrable de 1 x 100 W, con instalación de cable HO7V-K de 1,5 mm² de PVC corrugado IP7 empotrado para el aseo.</p> <p>Un alumbrado a base de 4 luminarias VSAP decorativas adosadas al paramento exterior de 150 W, con instalación cable HO7V-K de 1,5 mm² bajo tubo metálico roscado para el taller y mando por célula fotoeléctrica.</p> <p>8 tomas de corriente bipolares de 16 A para conexión de pequeña herramienta.</p> <p>Canaleta de PVC de 200 mm con doble compartimento y dotada de 6 tomas de corriente bipolares de 16 A conectadas a S.A.I. para conexión de sistema de control del Parque.</p> <p>1 toma de corriente tripolar de 32 A.</p> <p>4 luminarias de emergencia interiores fluorescentes de 11 W, instaladas con cable HO7V-K de 1,5 mm² bajo tubo metálico roscado.</p> | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--------------|--|-----|---|--------|--------|
| | <p>El edificio estará protegido contra descargas atmosféricas por un pararrayos de tipo dieléctrico de 50 m. de radio de acción conectado a una toma de tierra formada por un electrodo de placa de 50 x 50 cm.</p> <p>Existirá calefacción a base de 2 aerotermos eléctricos de 7,5 kW en sala de celdas M.T. y de un radiador eléctrico de 2 kW en sala de control.</p> <p>La instalación de baja tensión se realizará bajo tubo metálico roscado y galvanizado, en montaje saliente. Las derivaciones se realizarán en cajas estancas de material autoextinguible empleándose bornas de tamaño adecuado a los conductores a emplear. La instalación se realizará con cable flexible, empleándose terminales de presión. Se utilizarán las secciones apropiadas a las cargas limitando la caída de tensión a un máximo del 3 % con una sección mínima de 2,5 mm².</p> | Ud. | 1 | 24.000 | 24.000 |
| 4.13. | <p>Instalación de detección de incendios y antiintrusión</p> <p>Esta partida incluye el siguiente alcance:</p> <p>Instalación de detección de incendios mediante 4 detectores iónicos, inc. cableado bajo tubo de PVC-metálico, roscado y galvaniz.</p> <p>Instalación antiintrusión formada por 2 detectores de infrarrojos, inc. Instalación bajo tubo metálico, roscado galvanizado.</p> | | | | |

| | | | | | | |
|-------|--|-----|--|-------|-------|--|
| | <p>Centralita combinada de detección de incendios y antiintrusión de 2 zonas.</p> <p>Sirena con piloto de señalización antivandálica de instalación exterior.</p> <p>Cerradura codificada.</p> | | | | | |
| 4.14. | <p>Cuadro general de distribución en baja tensión</p> <p>El cuadro general de distribución se alojará en el recinto celdas de media tensión.</p> <p>Estará construido en chapa de acero plegada de 25 mm de espesor mínimo, debidamente tratado y pintado con pintura antioxidante y 2 capas de acabado y secado al horno, con puertas delanteras, con dimensiones suficientes para contener todos los aparatos y equipos de forma que su ventilación y espacio entre equipos no permita calentamientos superiores a los recomendados por las normas y fabricantes.</p> <p>Contendrá el interruptor general de B.T., de 180 A de intensidad nominal, amperímetro y voltímetro y los elementos de protección del alumbrado y toma de corriente del centro de transformación.</p> <p>El acceso a todos los equipos será siempre por la parte delantera.</p> <p>Se dejará un espacio libre del 20 %.</p> | PA. | | 5.400 | 5.400 | |

| | | | | | |
|--|-----|---|-------|-------|------------------|
| <p>El cableado se realizará con cable flexible de cobre de 1,5 mm² como mínimo para mando, conducido en canaleta plástica. La canaleta plástica estará dimensionada de forma que quede al menos el 50 % del espacio libre interno para futuras modificaciones o ampliaciones.</p> <p>Todas las conexiones estarán numeradas de forma indeleble y realizadas con terminales de presión, aisladas. Nunca podrá derivarse de una borna o tomillo de conexión más de 2 cables, utilizando cada uno su terminal correspondiente. Entre las bornas o palas de conexión y los pasacables de salida del cuadro se dejará como mínimo 20 cm con el fin de dejar perfectamente peinados los cables con sus cocas correspondientes. La tornillería que se emplee será cadmiada. Las derivaciones de barras, tanto con pletinas como con cables, se hará mediante tornillos pasantes con contratueras y arandelas plana y de presión.</p> <p>A parte de los rótulos que se utilicen para indicar el servicio que atiende cada uno de los elementos que están montados, en el frente del cuadro todos los aparatos tendrán número o código de referencia que lo identifique relacionándolo con los esquemas definitivos.</p> | Ud. | 1 | 3.000 | 3.000 | |
| TOTAL CAPÍTULO 4 | | | | | 100.270 |
| TOTAL SISTEMA ELÉCTRICO | | | | | 1.337.223 |

4.4 Presupuesto General

PRESUPUESTO GENERAL

| | |
|--|-------------------|
| Obra Civil | 904.021 |
| Sistema Eléctrico | 1.337.223 |
| <hr/> | |
| Total Ejecución Material | 2.241.244 |
| Aerogeneradores | 13.959.000 |
| <hr/> | |
| Total Ejecución | 16.200.244 |
| Seguridad y Salud | 21.250 |
| Ingeniería, Dirección de Obra y Control de Calidad | 240.000 |
| Licencia y Permisos | 120.000 |
| <hr/> | |
| PRESUPUESTO TOTAL | 18.822.738 |

Asciende el presupuesto total a la expresada cantidad de **dieciocho millones ochocientos veintidós mil setecientos treintaiocho, I.V.A. excluido.**

Madrid, 28 de Octubre de 2014

Fdo.: Eugenia Galindo Bustelo